
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: N2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802T007 – Informační technologie

Analýza transportujících se kontaminantů z úložiště radioaktivních odpadů v melechovském masivu

The Analyses of Transporting Contaminants from the Storage of the Nuclear Waste in the Massif of Melechov

Diplomová práce

Autor: **Bc. Pavel Tregl**

Vedoucí práce: Ing. Josef Chudoba, Ph.D.

V Liberci 19. 5. 2011

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce, a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít svoji diplomovou práci či poskytnout licenci k jeho využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Touto prací bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Chudobovi, Ph.D. za podporu, konzultace a případné připomínky při vypracovávání své diplomové práce. Dále bych poděkoval svým rodičům za umožnění studií, trpělivost a podporu v rámci celého studia a při vypracování této práce.

Tato diplomová práce byla vytvořena s finanční podporou projektu Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy České republiky – výzkumné centrum Pokročilé sanační technologie a procesy, číslo projektu 1M0554.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá zpracováním citlivostní analýzy transportu radioaktivních látek hlubinného úložiště radioaktivního odpadu v hypotetické oblasti melechovského masivu. Koncentrace radionuklidů je uložena ve výstupních souborech ze softwaru Flow123D, které jsou uloženy pod názvem „mm_t.pos“. V práci je uveden popis simulačního softwaru Flow123D i s jednotlivými vstupními soubory pro výpočty realizací. V další části je popsána celá struktura výstupního souboru „mm_t.pos“. V tomto souboru s transportem kontaminantů jsou uloženy informace o koncentracích na všech elementech oblasti v čase.

Pro práci se soubory „mm_t.pos“ je tvořen software *Program pro práci se soubory mm_t.pos* v jazyce Java. Prvním úkolem tohoto softwaru je zpracovat výstupní soubory ze softwaru Flow123D tak, že se z nich vyberou pouze určité (povrchové) elementy s jejich koncentrací v čase a uloží se do nového menšího souboru. Dále se z takto vytvořených nových souborů vytvoří další soubory pro jednotlivé elementy, se seřazenými koncentracemi pro každé časové období. Z těchto souborů jsou vytvářeny pravděpodobnostní a krabicové grafy, které slouží jako vstup pro vykreslení mapy oblasti, složené z povrchových elementů, které jsou ohodnocené pravděpodobností výskytu zadané koncentrace.

Klíčová slova: Flow123D, Java, transport kontaminantů, úložiště radioaktivního odpadu, krabicový graf

Abstract

This diploma thesis is concerned with the sensitivity analysis of a radioactive waste transport in to a deep disposal area in a hypothetical area of the melechov massif. The concentrations are saved in output files of Flow123D software, that are stored in file „mm_t.pos“. The description of Flow123D software is also described in this thesis including individual input files needed for the realization of the computation. In the next section the whole structure of output file „mm_t.pos“ is described. Information of concentration on all elements in the area in time is saved to those files.

To work with the files „mm_t.pos“ program called *Program pro práci se soubory mm_t.pos* was created in Java language. First task of this software is to analyze output files from Flow123D in a way, that only surface elements and theirs concentration in time are taken in to account and saved in a smaller file. Next new files are created to correspond with individual elements with concentrations sorted for each time period. From these files probability and box plots are generated and in turn they serve as an input for area map rendering. This map is composed from surface elements that are marked by a probability of occurrence of a given concentration.

Key words: Flow123D, Java, contaminants transport, storage of the nuclear waste, box-plot

Obsah

Prohlášení.....	3
Poděkování.....	4
Abstrakt.....	5
Abstract	6
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
Seznam grafů.....	10
1 Úvod.....	11
2 Ukládání jaderného odpadu z jaderných elektráren v oblasti melechovského masivu	12
2.1 Ukládání radioaktivního odpadu.....	12
2.2 Melechovský masiv	14
3 <i>Flow 123D</i>	16
4 Statistické vyhodnocení dat ze souborů „mm_t.pos“ pomocí krabicových grafů.....	17
4.1 Tvorba grafu v <i>MS Excel</i>	18
5 Využitý software a programovací jazyk	21
5.1 Program <i>GMSH</i>	21
5.2 Programovací jazyk Java	22
5.3 Programovací prostředí <i>NetBeans IDE</i>	23
6 Soubor „mm_t.pos“.....	24
7 Úprava výstupních souborů „mm_t.pos“	27
7.1 Vstupní data	28
7.2 Průběh zpracování souborů.....	30
8 Soubory povrchových elementů.....	31
8.1 Vstupní data	31
8.2 Soubory jednotlivých elementů	31

8.3	Grafy ze souborů s elementy.....	32
9	Tvorba mapy	42
9.1	Vstupní data	42
9.2	Vykreslení mapy s pravděpodobnostmi.....	46
10	Práce se softwarem	50
11	Závěr	54
	Literatura	56
	Příloha A – Zdrojový kód třídy prostředku na změnu desetinné tečky na desetinnou čárku.....	59
	Příloha B – Zdrojový kód třídy „ElementMapy“	61
	Příloha C – Zdrojový kód třídy „Mapa“	63

Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapa s vymezenou oblastí melechovského masivu a vyznačeným místem úložiště	13
Obrázek 2: Geologická struktura oblasti [4]	14
Obrázek 3: Vizualizace geometrie [4].....	15
Obrázek 4: Zobrazená výpočetní síť otevřením souboru „mm_t.pos“ v <i>GMSH</i>	21
Obrázek 5: Vzhled softwaru semestrálního projektu po spuštění [16]	27
Obrázek 6: Zkrácený nový vstupní soubor s povrchovými elementy.....	28
Obrázek 7: Načítání souborů „mm_t.pos“ a zobrazení jejich uložení	29
Obrázek 8: Částečný obsah nového souboru mm_t.pos_new.txt.....	30
Obrázek 9: Ukázka části souboru jednoho z elementů	32
Obrázek 10: Vzhled aplikace převádějící desetinnou tečku na čárku.....	33
Obrázek 11: Transformace 3D typů elementů na element ve 2D	43
Obrázek 12: Tabulka s načtenými souřadnicemi všech elementů	43
Obrázek 13: Tabulka s vypočtenými pravděpodobnostmi na povrchových elementech pro zadanou hodnotu koncentrace 10.....	44
Obrázek 14: Částečný obsah složky s jednotlivými povrchovými elementy.....	45
Obrázek 15: Mapa pravděpodobností oblasti melechovského masivu v čase 50000 let a vypočtená pro koncentraci 10	49
Obrázek 16: Celkový vzhled programu s vykreslenou mapou	50
Obrázek 17: Rozvržení ovládacích prvků na záložce pro načítání souřadnic.....	52
Obrázek 18: Rozvržení ovládacích prvků na záložce pro výpočet pravděpodobností	53

Seznam tabulek

Tabulka 1: Soupis typů geometrických elementů generovaných <i>Flow123D</i> [5].....	25
Tabulka 2: Číselná označení materiálů hornin a puklin [18]	25

Seznam grafů

Graf 1: Ukázka krabicového grafu s daty pro tvorbu v <i>MS Excel</i>	17
Graf 2: Skládání pruhový graf pro vytvoření krabicového grafu.....	19
Graf 3: Pravděpodobnostní graf povrchového elementu 3858	34
Graf 4: Pravděpodobnostní graf pro element 3858 s logaritmovanou osou.....	35
Graf 5: Pravděpodobnostní graf povrchového elementu 3938	36
Graf 6: Pravděpodobnostní graf pro element 3938 s logaritmovanou osou.....	36
Graf 7: Pravděpodobnostní graf povrchového elementu 4875	37
Graf 8: Pravděpodobnostní graf pro element 4875 s logaritmovanou osou.....	37
Graf 9: Krabicový graf povrchového elementu 3858	39
Graf 10: Krabicový graf povrchového elementu 3938	40
Graf 11: Krabicový graf povrchového elementu 4875	40

1 Úvod

V této diplomové práci je zpracovávána problematika transportu kontaminující látky pro hypotetickou oblast hlubinného úložiště radioaktivního odpadu v melechovském masivu.

Pro tuto úlohu bylo provedeno n různých realizací v simulačním softwaru Flow123D, jejichž výsledkem jsou výstupní textové soubory „mm_t.pos“. V těchto souborech jsou uvedeny informace o všech elementech oblasti melechovského masivu. Ke každému elementu je uvedena hodnota koncentrace radioaktivní látky pro dané časové období 0, 5000, 10000, ..., 50000 let. Úkolem v této diplomové práci je popsat strukturu těchto souborů a dále je zpracovávat pro určení míry průniku radioaktivních látek na povrch hlubinného úložiště.

Pro práci se soubory „mm_t.pos“ z programu Flow123D je vytvářen program, který soubory upravuje z důvodu jejich velikosti (každá realizace přibližně 7,5 MB) a vytváří z dat, v nich uložených, nové soubory, které mají novou strukturu a jsou potřebné pro následné zpracování v programu.

Z výstupních souborů je zapotřebí vybrat pouze některé (povrchové) elementy s jejich pravděpodobnostmi v čase a ty uložit do nově vytvořených souborů „mm_t.pos_new.txt“, které jsou menší a rychleji se z nich poté data načítají.

Z těchto nových souborů „mm_t.pos_new.txt“ jsou nadále vytvářeny soubory pro jednotlivé vybrané (povrchové) elementy. V souborech, pojmenovaných označením elementu, jsou pro jednotlivá časová období uvedena vzestupně seřazená data koncentrací z jednotlivých realizací. Z takto vytvořených souborů jednotlivých elementů již je možné vytvářet různé grafy (pravděpodobnostní, krabicové) pro zjištění změny průběhu koncentrace na vybraném povrchovém elementu v jednotlivých letech.

Z vytvořených souborů jednotlivých elementů se seřazenými hodnotami koncentrace z jednotlivých realizací, je programem vytvářena mapa pravděpodobností překročení určité koncentrace v oblasti hlubinného úložiště. Mapa je vytvářena ve 2D, zobrazuje pro povrchové elementy pravděpodobnost výskytu zadané koncentrace na povrchu oblasti hlubinného úložiště. Pro každý element je vypočtena hodnota pravděpodobnosti, pomocí které je poté elementu na mapě přiřazena barva, vycházející z rozsahu hodnot barev pro hodnoty koncentrace.

2 Ukládání jaderného odpadu z jaderných elektráren v oblasti melechovského masivu

S provozem jaderných elektráren vzniká problém s ukládáním nebezpečného vyhořelého jaderného paliva. Jednou z možností je ukládání do hlubinných úložišť tvořených žulovými horninami.

2.1 Ukládání radioaktivního odpadu

[1]

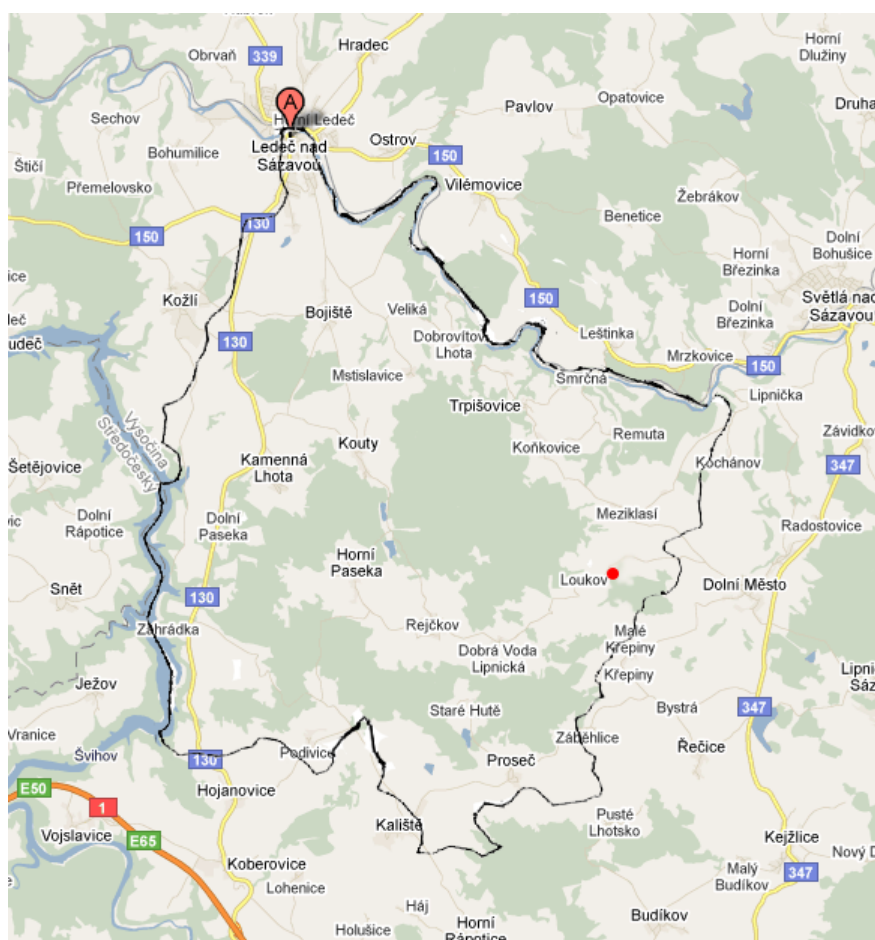
Otázka ukládání radioaktivního odpadu začala být řešena již před více než šedesáti lety. Největším problémem bylo to, že tento odpad může být nebezpečný až stovky tisíc let. Proto bylo velmi důležité vymyslet, jak a kam takovýto škodlivý odpad uložit. Přitom bylo nutné brát ohledy na to, aby kontaminace radioaktivních látek do prostředí neovlivnila negativním způsobem přírodní bohatství a neohrožovala lidské životy. Ukládání nízkoaktivních a středněaktivních odpadů bylo vyřešeno vybudováním přípovrchových úložišť (úložiště Richard, Bratrství a Hostim). O vyhořelém palivu z jaderných elektráren s vysoce-aktivním odpadem bylo usuzováno, že jejich odstraňování není zatím potřebné. Důvodů bylo hned několik:

- Prvním důvodem bylo to, že daných materiálů nebylo mnoho. Za celou dobu provozování jaderných elektráren bylo na světě nahromaděno „jenom“ devadesát tisíc tun vysoceaktivních odpadů a 200 tisíc tun vyhořelého paliva. Jelikož na Zemi žije přibližně 6,8 miliardy obyvatel, vychází nám, že na jednoho člověka bylo za celou dobu vyprodukováno 13,2 gramů vysoceaktivního odpadu a necelých 30 gramů vyhořelého paliva.
- Materiály je možné skladovat bez problému v suchých i mokřích skladech až několik desetiletí. Kvůli dostatečné izolovanosti od okolí je zapotřebí postavit dostatečně ochranný systém, na jehož stavbu je zapotřebí velké množství finančních prostředků.
- [2] Největším důvodem je, že vyhořelé palivo obsahuje stále ještě 96 % nespotřebovaného uranu. A tudíž je výhodné ho dále využít. Již nějakou dobu se vyvíjejí technologie, jak separovat složky jaderného paliva. Jedním z uvažovaných způsobů by mohlo být rozpuštění v roztavených solích. Tímto způsobem se zmenší množství a sníží radiotoxicita vyhořelého paliva. Tyto

vyvíjené jaderné reaktory tzv. 4. generace, ale budou připraveny (dle [2]) nejdříve za čtvrt století.

Konkrétní práce na hledání možných způsobů zneškodňování v některých zemích byly zahájeny počátkem sedmdesátých let uplynulého století.

K oddělení takto nebezpečných odpadů od biosféry se využívají přírodní bariéry. Důležité je správným způsobem určit umístění přírodní lokality. Tato lokalita nemůže být např. v oblasti vulkanicky aktivní nebo v zátopové oblasti, aby nemohlo dojít ke znečištění podzemních vod. Nejvhodnější místo pro úložiště radioaktivních odpadů je v co nejméně propustném prostředí, daleko od vodních toků a dostatečná vzdálenost od míst trvalého osídlení. Jako vhodné prostředí pro testovací lokalitu byl Českým geologickým ústavem doporučen melechovský masiv. Zde budou odzkoušeny metody a postupy, které budou poté využity při vyhledávání konečné lokality pro hlubinné úložiště radioaktivních odpadů.



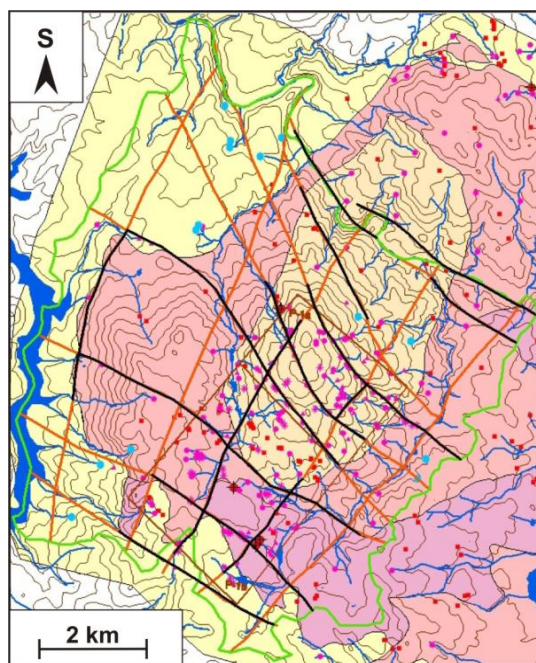
Obrázek 1: Mapa s vymezenou oblastí melechovského masivu a vyznačeným místem úložiště

2.2 Melechovský masiv

[3], [4]

Oblast melechovského masivu se nachází v kraji Vysočina přibližně 30 km od města Havlíčkův Brod. Přesné vymezení je zobrazeno na obrázku 1 společně s vyznačením místa úložiště. Součástí této oblasti je také přírodní park, jehož jádro tvoří zalesněný vrch Melechov s nadmořskou výškou 715 m. Ze západu je park lemován řekou Želivkou tekoucí do vodní nádrže Švihov. Na severní straně je hranicí údolí řeky Sázavy. Melechovský masiv byl vytvořen v tvrdých horninách moldanubického plutonu, hrubozrnných až středně zrnitých granitech (žulách) až adamelitech melechovského typu. Zvětrávání a odnos žuly vytvořilo izolované skály, balvany, kamenná moře a suťoviště. Pozoruhodným výsledkem erozního zvětrávání a odnosu hrubozrnného granitu je přírodní památka Čertův kámen.

Pomocí geologických měření a výzkumných procesů byla vytvořena 3D geometrická struktura zkoumané oblasti. Tento model byl vytvořen do hloubky -600 m n. m. a vyměřená plocha zaujímá oblast 60 km². Struktura zobrazuje zlomové oblasti a z jakých hornin se oblast skládá.

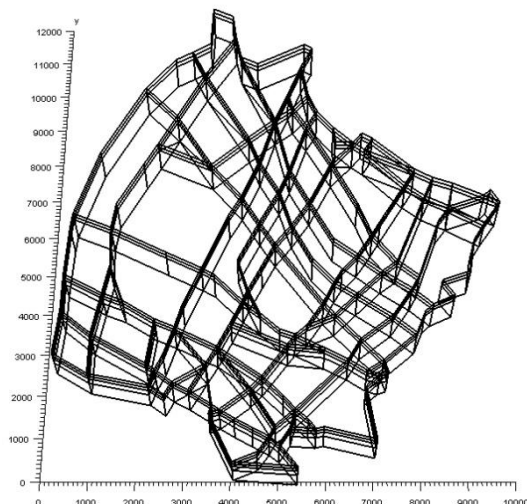


Obrázek 2: Geologická struktura oblasti [4]

Geologický model oblasti (Obrázek 2), zlomů, stavby hornin a puklin závislých na hloubce oblasti, vychází především z těchto údajů [4]:

- zelenou čarou je označena hranice oblasti, která sleduje místní rozvodnice a významné toky,
- hydrogeologicky významné zlomy identifikované v oblasti na základě dřívějších výzkumů jsou zobrazeny černě,
- oranžovou barvou jsou vyznačeny doplněné hypotetické struktury.

Podle takto připraveného modelu byla pak vygenerována v programu *GMSH* geometrie (Obrázek 3) a výpočetní síť (Obrázek 4) s počtem elementů 37068, z nichž 2798 jich je ve 2D a zbylých 34270 je ve 3D (prostorových). Elementy ve 2D si lze představit jako trojúhelníky (skládají se tedy ze třech uzlů) a elementy ve 3D jako trojboké jehlany (ty se skládají ze čtyř uzlů). Všechny elementy jsou utvořené z celkového počtu 7174 uzlů.



Obrázek 3: Vizualizace geometrie [4]

3 *Flow 123D*

[5]

Flow123D je software pro výpočet simulačních úloh vytvořený v programovacím jazyce C++. Umožňuje řešit výpočty podzemního proudění, transport kontaminantů a jejich působení na prostředí, kterým se šíří z úložiště směrem k povrchu oblasti.

Vstupními daty pro tento software jsou informace o geologické struktuře zpracovávané oblasti melechovského masivu. Tyto informace jsou uloženy v několika různých souborech. Pro vytvoření těchto vstupních souborů jednotlivých modelů byl použit jednoúčelový software *GMSH*. Mezi tyto soubory patří [5]:

Soubory s daty pro výpočty:

- soubor sítě – „mm.msh“ - obsahuje seznam elementů a seznam vrcholů, z kterých se elementy skládají
- soubor materiálů – „mm.mtr“ - materiály (granity a pukliny), které se v oblasti vyskytují
- soubor sousedností – „mm.ngh“
- okrajové podmínky proudění – „mm.bcd“ - každá stěna okrajových elementů má uvedený typ podmínky (Dirichletova, Neumannova, Newtonova)
- okrajové podmínky transportu – „mm.bct“ - každá stěna okrajových elementů má uvedenu hodnotu koncentrace látky
- počáteční podmínky transportu – „mm.ict“ - každý element má uvedenu hodnotu koncentrace látky

Soubor s nastaveními pro výpočty:

- soubor nastaveními – „flow_t.ini“ - nastavení pro daný výpočet

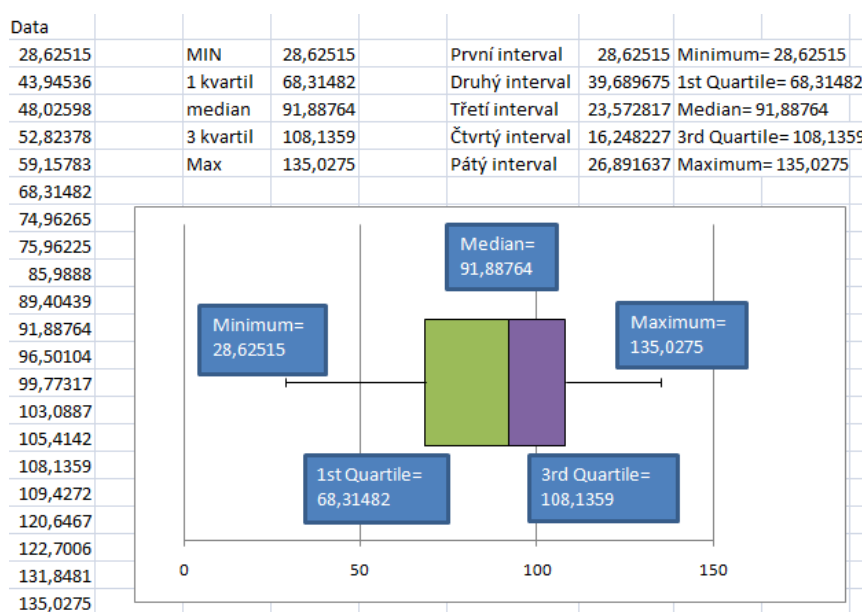
Po spuštění výpočtu a dokončení software *Flow123D* vygeneruje dva výstupní soubory. Soubor „mm_f.pos“ obsahuje informace o proudění a druhý soubor „mm_t.pos“, v kterém jsou uvedeny koncentrace radioaktivní látky na jednotlivých elementech oblasti. Program, který je výsledkem této diplomové práce a pojmenován *Program pro práci se soubory mm_t.pos*, pracuje pouze s druhým z těchto souborů, souborem „mm_t.pos“, dále ho zpracovává pro lepší práci s ním a generuje mapu s pravděpodobností výskytu zadané koncentrace na jednotlivých povrchových elementech.

4 Statistické vyhodnocení dat ze souborů „mm_t.pos“ pomocí krabicových grafů

[6], [7], [8], [9]

Krabicové grafy (Box plot grafy) slouží k jednoduchému zobrazení velkého množství dat a představují rozložení těchto dat ve zkoumaném vzorku. Poprvé ho použil americký statistik John W. Tukey v roce 1977. Graf se skládá z obdélníku (krabice), jehož strany jsou utvořeny z horního (75%) a dolního (25%) kvartilu. Uvnitř obdélníku je tedy obsaženo 50% ze všech hodnot. Uprostřed obdélníku je dělicí čára, která představuje medián (50% kvartil), v některých případech bývá uveden i průměr, který je znázorněn kroužkem uvnitř krabice. Z obdélníku vystupují na každé straně úsečky, tzv. vousky, které zobrazují minimum a maximum z daných hodnot. Ukázka takového grafu, který byl vytvořen z náhodně vygenerovaných hodnot, je zobrazena na grafu 1, kde jsou i zobrazena data a další části potřebné pro tvorbu grafu v *MS Excel 2007*.

Problém u krabicových grafů je, že je stále dostatečně nepodporuje žádný software. Z tohoto důvodu byl vytvořen návod pro tvorbu krabicového grafu pro program *MS Excel 2007* uvedený v kapitole 4.1. Pro tvorbu tohoto grafu bylo využito podrobného videa na YouTube [10]. Krabicové grafy jsou využívány v kapitole 8.3.2, kde je na nich zobrazen průběh koncentrace radioaktivní látky v různých časových obdobích na zvoleném elementu.



Graf 1: Ukázka krabicového grafu s daty pro tvorbu v *MS Excel*

Vysvětlení jednotlivých bodů krabicového grafu:

Minimum – nejnižší hodnota z uvedeného seznamu dat

První kvartil – udává, že 25% hodnot je nižších než hodnota kvartilu

Medián – udává, že 50% hodnot je nižších než hodnota kvartilu

Třetí kvartil - udává, že 75% hodnot je nižších než hodnota kvartilu

Maximum – nejvyšší hodnota z uvedeného seznamu dat

4.1 Tvorba grafu v MS Excel

V programu *MS Excel* neexistuje přímo nástroj pro tvorbu krabicových grafů. Nicméně, lze tento problém vyřešit tvorbou jiného grafu a jeho upravením. Tento způsob je pouze pro kladná data, ale po pochopení této práce, by neměl být problém upravit vzorce i pro data se zápornými hodnotami.

Aby bylo možné vytvořit krabicový graf, je nutné vstupní data vzestupně seřadit, jako je to možné vidět na grafu 1. Následně si spočítáme hodnoty, určující části v grafu, dle následujících vzorců:

Minimum: =MIN(vstupní data) nebo =QUARTIL(vstupní data;0)

První kvartil: =QUARTIL(vstupní data;1)

Medián: =MEDIAN(vstupní data) nebo =QUARTIL(vstupní data;2)

Třetí kvartil: =QUARTIL(vstupní data;3)

Maximum: =MAX(vstupní data) nebo QUARTIL(vstupní data;4)

- vstupní data - udávají výběr všech vstupních vzestupně seřazených dat

- takto vytvořené vzorce jsou pro *MS Excel 2007*, v ostatních verzích se může zápis vzorců lišit

Hodnoty vypočtené podle výše zmíněných vzorců jsou vypsány v prvním sloupci vpravo od sloupce se seřazenými daty. Následně je nutné z těchto hodnot vytvořit pět intervalů, které nám budou tvořit části krabicového grafu. První interval udává velikost od 0 po minimum, další je od minima po první kvartil atd. Intervaly se spočítají podle těchto vzorců:

První interval: =Minimum

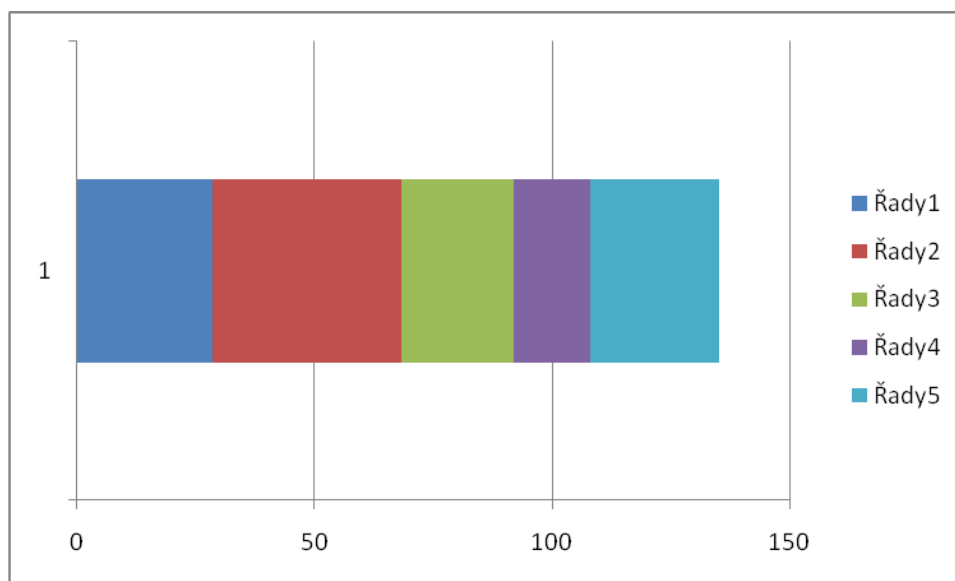
Druhý interval: =První kvartil – Minimum

Třetí interval: =Medián – První kvartil

Čtvrtý interval: =Třetí kvartil – Medián

Pátý interval: =Maximum – Třetí kvartil

Takto vypočtené hodnoty jsou zobrazeny v grafu 1, vedle prvního sloupce určující hodnoty minima, prvního kvartilu, mediánu, třetího kvartilu a maxima. Z hodnot těchto intervalů se nyní vytvoří daný graf. Označí se hodnoty intervalů a poté se v horní liště „Vložení“ vybere graf „skládáný pruhový“ nebo „skládáný sloupcový“, v prvním případě bude krabicový graf zobrazen naležato, v druhém nastojato. Po vytvoření grafu je ještě nutné v části „nástroje grafu“ kliknout na „přepnout řádek či sloupec“, graf musí být označen. Po těchto úkonech se vytvoří graf 2.



Graf 2: Skládaný pruhový graf pro vytvoření krabicového grafu

Nyní je nutné vytvořený graf upravit tak, aby vypadal jako graf krabicový. Proto se označí první levá část (udávající interval od 0 po minimum), klikne se na ní pravým tlačítkem myši a vybere z kontextového menu položka „Formát datové řady...“, kde se klikne na výplň a vybere možnost bez výplně. První část zmizí. To samé se provede i s druhou částí (interval od minima po první kvartil). Nyní je nutné na této části zobrazit tzv. vous, proto se nechá druhá část i nadále označená. V horní nabídce se vybere v části „Nástroje grafu - Rozložení“ položka „Chybové úsečky“ a tam se zvolí „Další možnosti chybových úseček...“. Vyskočí okno, kde nastavíme směr na hodnotu „Mínus“, styl zakončení „Zakončení“ a v části „Typ chybové hodnoty:“ se vybere „Procento:“, jehož hodnota se nastaví na 100. Pomocí tohoto je již hotová levá strana krabicového grafu, která vypadá jako na grafu 1.

Podobně se bude postupovat pro pravou část. Označí se poslední pravá část (interval od třetího kvartilu po maximum) a nastaví se „bez výplně“, jako u prvních dvou částí. Pro vytvoření druhých „vousů“ se však musí označit v počátečním pořadí čtvrtá část (interval od mediánu po třetí kvartil), v horní nabídce „Nástroje grafu – Rozložení“ se vybere položka „Chybové úsečky“ a tam se zvolí „Další možnosti chybových úseček...“. Ve vyskočeném okně se musí nastavit směr na hodnotu „Plus“, styl zakončení „Zakončení“ a v části „Typ chybové hodnoty:“ se vybere „Vlastní:“, klikne se na „Zadat hodnotu“ a vybere se hodnota pro poslední pátý interval (pro příklad na grafu 1 je to hodnota 26,89164).

Tímto způsobem je již vytvořený krabicový graf vypadající jako na grafu 1. Ostatní nastavení záleží již na uživateli, může si různě nadefinovat popisky os, případně změnit barvy grafu a další možnosti pro vyladění vzhledu. Pro vizuální tvorbu je možné shlédnout video tvorby na YouTube [10].

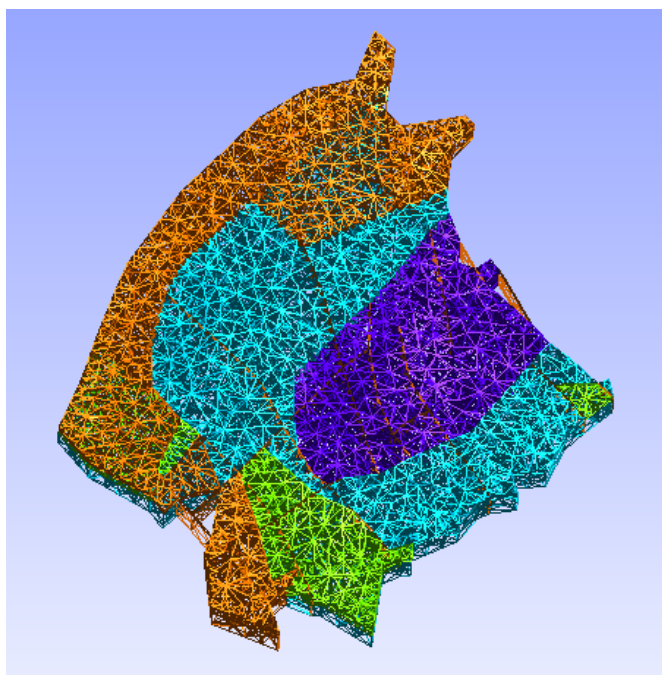
5 Využitý software a programovací jazyk

5.1 Program *GMSH*

[11]

Program *GMSH*¹ je volně šiřitelný, kdokoliv ho tedy může svobodně používat a bezplatně šířit. Je vytvořen pro generování 3D sítí složených z konečného počtu prvků. Obsahuje vestavěný CAD engine a post-procesor. Cílem tohoto softwaru je poskytnout rychlý a pro uživatele přátelský meshovací nástroj s parametrickým vstupem a rozšířenými schopnostmi vizualizace vytvořené sítě. *GMSH* obsahuje čtyři vestavěné moduly (geometry, mesh, solver a post-processing). Všechny vstupní informace modulů je možné nastavit buď pomocí textových souborů, využívajících vlastní *GMSH* skriptovací jazyk, nebo přímo v uživatelském prostředí programu.

V této práci je tento software využíván pouze pro zobrazení výstupních souborů „mm_t.pos“ ze softwaru *Flow123D* (kapitola 3), s informacemi koncentrací na jednotlivých elementech oblasti. Program *GMSH* zobrazí celou síť (ze všech elementů) ve 3D ve všech vrstvách. Zobrazená struktura (Obrázek 4) je použita k porovnání s mapou pravděpodobností, která je výstupem programu *Program pro práci se soubory mm_t.pos*.



Obrázek 4: Zobrazená výpočetní síť otevřením souboru „mm_t.pos“ v *GMSH*

¹ Odkaz na stažení: <http://www.geuz.org/gmsh/#Download>

5.2 Programovací jazyk Java

[12], [13], [14], [15]

Jelikož tato práce navazuje na ročníkový projekt [16], v kterém byl výsledný program konstruován v programovacím jazyku Java, bylo vhodné použít tento jazyk i pro naprogramování této diplomové práce.

Java je objektově orientovaný programovací jazyk, který vyvinula firma Sun Microsystems. Jednou z hlavních výhod tohoto programovacího jazyka je přenositelnost mezi různými platformami. Jedná se tedy o jazyk interpretovaný, což znamená, že se překládá až za běhu programu; na rozdíl od kompilovaných, které jsou ihned kompilovány do strojového kódu. Zde se místo strojového kódu vytváří tzv. byte-code, který je nezávislý na architektuře počítače, a proto jej můžeme spouštět na libovolném počítači a používat pod různými počítačovými systémy jako je např. *Windows*, *Linux* atd. Pro běh a vůbec spuštění aplikace je však nutné mít v systému nainstalovanu Java platformu, Java Runtime Environment (JRE)², kde již z překladu je zřejmé, že se jedná o běhové prostředí jazyka Java. Z této vlastnosti vyplývá široké využití jazyka Java nejen v desktopových, ale i mobilních aplikacích, přes mobilní telefony a po rozsáhlé distribuované systémy pracující na řadě spolupracujících počítačů rozprostřené po celém světě.

Mezi základní kladné vlastnosti patří jednoduchost, přehlednost syntaxe, využití objektů a tvorba více vláken v aplikacích. Používá se silná typová kontrola, každá proměnná musí mít tedy definován svůj vlastní typ. Neumožňuje používat skoky, ukazatele, které bývají častou příčinou chyb a navíc s pomocí výjimek je program spolehlivější. Jazyk umožňuje také práci na síti, se vzdálenými soubory, či komunikaci se vzdálenými počítači. Garbage collector spravující paměť automaticky vyhledá nepoužívané části paměti a uvolňuje je k dalšímu použití. Programátorovi tím odpadá složitá kontrola práce s pamětí, jako je tomu například u jazyka C++. Přestože se jedná o interpretovaný jazyk, není výkon příliš ztrátový, protože do strojového kódu se překládá pouze kód, který je zrovna opravdu potřebný a ne kompletní celý kód.

Mezi dalšími výhodami je, že vzhled aplikace můžeme přizpůsobit vzhledu konkrétního systému, na kterém je program spuštěn. Jedná se hlavně např. o záhlaví

² Odkaz na stažení: <http://www.java.com/en/download/>

okna, dále dialogy otevření a uložení souborů. Jelikož výsledkem této práce má být mapa elementů oblasti, je nutné, aby Java uměla nějakým způsobem pracovat s grafikou. Proto má Java implementovanou třídu Graphics, která umožňuje základní grafické operace. Pro pokročilejší kreslení je pak možné použít třídu Graphics2D. Navíc v Javě nemusíme kreslit pouze ve 2D, ale můžeme vytvářet i 3D grafické scény. Existuje velké množství tříd obsahujících nástroje provádějící řadu pokročilých grafických operací jako rendering, animaci, práce s multimédií. Dokonce Java dokáže využívat knihovny OpenGL. V současné době je rychlost kódu v Javě cca 2x pomalejší než C++ (přibližný údaj) (dle [12]), takže grafiku v jazyce Java lze považovat za poměrně rychlou.

Nevýhodou Javy, oproti jazykům se statickou kompilací, je pomalejší spuštění aplikace, protože je nutné, jak již bylo uvedeno výše, nejprve přeložit kód do strojového kódu. Kvůli spolehlivosti aplikace chybí např. použití zmíněných ukazatelů, které jsou v některých aplikacích silným nástrojem, a Java je svými prostředky nikterak nenahrazuje.

5.3 Programovací prostředí *NetBeans IDE*

[17]

Pro naprogramování softwaru pro úpravu dat bylo zvoleno autorem programovací prostředí *NetBeans IDE*³. Jeho výhodou je, že je volně šiřitelný, tudíž zdarma, má přehledné prostředí a autor je s tímto softwarem už déle seznámen.

Vývojové prostředí *NetBeans IDE* je nástroj, pomocí kterého programátoři mohou psát, překládat, ladit a šířit programy. *NetBeans IDE* je napsáno v jazyce Java a je postaveno na stejnojmenné platformě. Primárně je určeno pro vývoj aplikací v jazyce Java, ale může podporovat i další programovací jazyky (ve verzi 6.0 např. C++, PHP, Ruby). Umožňuje mimo jiné i vývoj webových služeb i aplikací. Obsahuje také nástroje pro tvorbu designu aplikace. Navíc je možné nalézt na internetu spoustu rozšiřujících modulů. Vývojové prostředí *NetBeans IDE* je bezplatně šířený produkt, který je možné používat bez jakýchkoliv omezení. Je použitelný na operačních systémech Windows, Linux, Mac OS X a Solaris.

³ Dostupné na: <http://netbeans.org/>

6 Soubor „mm_t.pos“

Soubor „mm_t.pos“ je výstupním souborem ze simulačního softwaru *Flow123D* a jsou v něm uvedené informace o koncentraci radioaktivních látek na jednotlivých elementech. Dále obsahuje souřadnice jednotlivých uzlů, z kterých se elementy skládají a také informace o počtu elementů, tvaru elementů (podle toho z kolika se skládají uzlů) a již zmíněnou koncentraci na elementech v čase 0, 5000, 10000 až 50000 let.

Jeho strukturu (zobrazena níže s vynecháním uložených dat) je možné rozdělit na čtyři části:

- 1) první z částí označená jako *\$MeshFormat* a obsahuje informace o formátu souboru a datových typech,
- 2) druhá část *\$Nodes* uvádí počet všech uzlů, z kterých se elementy skládají a soupis všech uzlů (první uzel je má číselné označení 0 a poslední 7173), u kterých jsou uvedeny prostorové souřadnice „X“, „Y“, „Z“,
- 3) třetí část *\$Elements* udává seznam všech elementů oblasti (značené od 0 do 37069). Na prvním řádku pod *\$Elements* je uveden počet všech elementů: 37068, což se může z předcházející věty zdát chybné, je to však proto, že z neznámých důvodů v seznamu dva elementy chybí. Dále jsou na řádku u jednotlivých elementů uvedeny následující hodnoty [5]:
 - geometrický typ elementu (Tabulka 1), tento soubor je složen pouze z typů 2 a 4 (trojúhelníků a čtyřštěnů),
 - počet tagů,
 - jednotlivé tagy - ve výchozím nastavení *GMSH* je první hodnota fyzikální jednotka elementu, druhá je číslo elementární geometrické jednotky (tyto dvě hodnoty jsou v tomto souboru však stejné a udávají typ horniny, z které se skládá daný element – jednotlivé typy hornin jsou uvedeny v tabulce 2) a třetí je číslo mesh oddílu,
 - nakonec jsou vypsána čísla uzlů, z kterých se daný element skládá – počet je závislý na geometrickém typu elementu,
- 4) dalších 11 částí *\$ElementData* představuje čas v letech – první část čas 0 let, druhá 5000 let atd. po 5000 letech až do 50000 let. V každé z těchto částí je pak seznam všech elementů a k nim přiřazená vyskytnutá koncentrace radioaktivní látky na tomto elementu v tom daném čase.

Tabulka 1: Soupis typů geometrických elementů generovaných *Flow123D* [5]

1- Line (2 nodes)	7- Pyramid (5 nodes)
2- Triangle (3 nodes)	8- Second order line (3 nodes)
3- Quadrangle (4 nodes)	9- Second order triangle (6 nodes)
4- Tetrahedron (4 nodes)	11- Second order tetrahedron (10 nodes)
5- Hexahedron (8 nodes)	15- Point (1 node)
6- Prism (6 nodes)	

Tabulka 2: Číselná označení materiálů hornin a puklin [18]

Hornina objemy				
Hloubka do [m]	Melechovský typ	Koutský typ	Lipnický typ	Ruly
75	9117	9112	9107	9100
150	9217	9212	9207	9200
400	9317	9312	9307	9300
600	9417	9412	9407	9400
800	9517	9512	9507	9500
více než 800 m	9617	9612	9607	9600

Pukliny vertikální	
Hloubka do [m]	Bez rozlišení horniny
75	4100
150	4200
400	4300
600	4400
800	4500
více než 800 m	4600

Pukliny horizontální				
Hloubka [m]	Melechovský typ	Koutský typ	Lipnický typ	Ruly
150	2200	2207	2212	2217

Struktura zobrazená níže ukazuje názorně kompletní strukturu souboru „mm_t.pos“. Z důvodu velké délky souboru je vynechán seznam uzlů se souřadnicemi, seznam elementů s přiřazenými uzly a nakonec údaje o koncentraci látky na jednotlivých elementech. Pro názornost je vždy nechána první a poslední hodnota v těchto seznamech.

\$MeshFormat

2 0 8

\$EndMeshFormat

\$Nodes

7174

0 124.000000 2811.000000 383.000000

⋮

7173 4361.000000 4139.000000 -348.000000

\$EndNodes

\$Elements

37068

0 2 3 2212 2212 0 2129 277 150

⋮

37069 4 3 9612 9612 0 3430 3423 7173 360

\$EndElements

\$ElementData

1

"Concentration of RN"

1

0.0

3

0

1

37068

0 0.000000

⋮

37069 0.000000

\$EndElementData

Jedná se o uzel s číselným označením 0, souřadnice „x“ je 124, souřadnice „y“ je 2811 a souřadnice „z“ je 383.

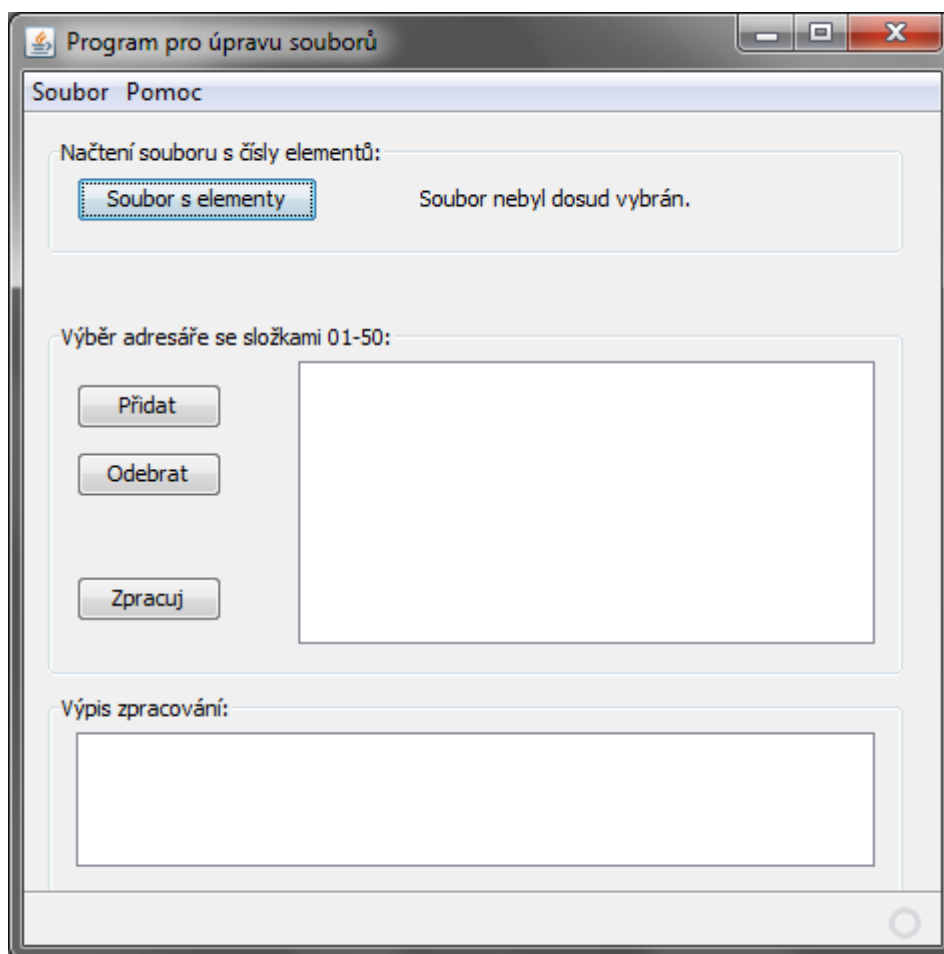
Jedná se o element s číselným označením 0, element je typu 2, tedy tvaru trojúhelníku. Element obsahuje tři tagy (2212 udává podle tabulky 2, že se jedná o puklinu Lipnického typu). Poslední tři hodnoty ukazují, že element je složen z uzlů označených 2129, 277, 150.

Tato část se v souboru 11x opakuje (první čas 0 let, druhá 5000 let atd. po 5000 letech až do 50000) a uvádí tedy seznam všech elementů s jejich hodnotou koncentrace. Elementy s číselným označením 0 a 37069 mají zde nulovou koncentraci.

7 Úprava výstupních souborů „mm_t.pos“

Jak již bylo uvedeno v kapitole 5.2, diplomová práce navazuje na autorův semestrální projekt [16], optimalizuje ho a dále rozšiřuje o další věci. Vzhled programu je vyobrazen na obrázku 5.

Z důvodu velkého množství a velké velikosti vstupních souborů „mm_t.pos“ (přibližně 7,5 MB pro každou realizaci), software *Program pro práci se soubory mm_t.pos* (v příloze F na CD), upravuje tyto výstupní soubory (kapitola 6) ze softwaru *Flow123D* (kapitola 3) vymazáním dále nepotřebných dat. Program pracuje pouze s částmi souboru zabývající se koncentrací na elementech, označenými jako *\$ElementData*. Jak bylo již uvedeno, v souborech se vždy nacházejí všechny elementy s hodnotou jejich koncentrace. Úkolem tohoto programu je načíst vstupní soubory a ze všech vybrat pouze nějaké (především povrchové) elementy s jejich hodnotou koncentrace a tyto informace uložit v dané struktuře do nového souboru. V softwaru se pak s takto vytvořenými soubory dále pracuje.



Obrázek 5: Vzhled softwaru semestrálního projektu po spuštění [16]

7.1 Vstupní data

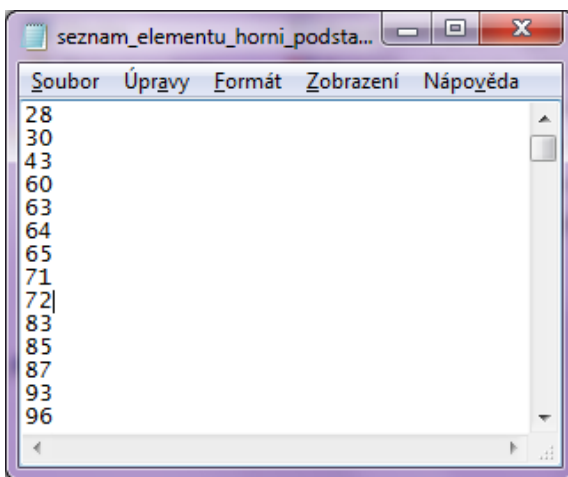
Do softwaru vstupují tedy dva druhy vstupních dat, první je textový soubor s vybranými čísly elementu (povrchovými elementy) a druhým je složka se soubory „mm_t.pos“ generovanými programem *Flow123D*.

7.1.1 Soubor s povrchovými elementy

Jedná se o soubor s koncovkou „txt“, v něm jsou na jednotlivých řádcích uvedena čísla jednotlivých povrchových elementů.

Soubor by měl být formátován tak, že elementy budou označeny celými čísly, uvedeny vždy na novém řádku a navíc vzestupně seříděny od nejmenší hodnoty po největší. Maximální hodnota by neměla přesáhnout hodnotu posledního ze všech elementů, uvedeného jako poslední v seznamu elementů v souboru „mm_t.pos“ (zde element 37069). Mezi jednotlivými hodnotami by neměly být ani hodnoty chybějících elementů, pokud takové jsou (zde z neznámých důvodů chybějí elementy 19798 a 19817). Při nesplnění některé z těchto podmínek, skončí práce programu chybou.

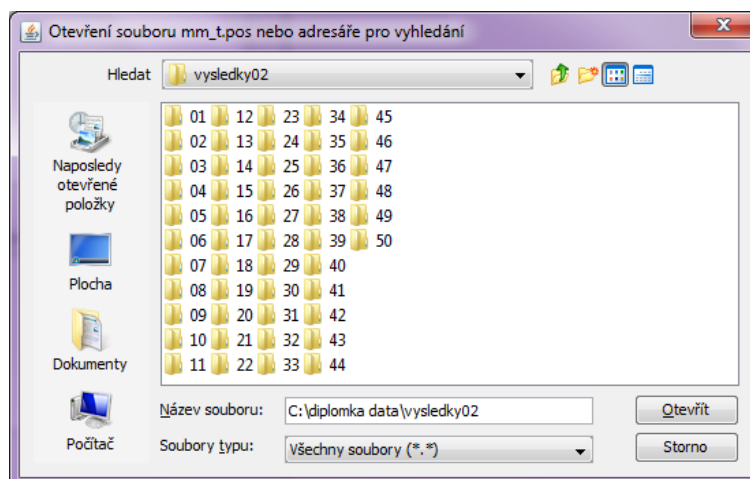
Již pro tvorbu ročníkového projektu byl vytvořen soubor s povrchovými elementy oblasti melechovského masivu. Tento seznam elementů však byl chybně vyřešen a obsahoval 4112 elementů, kde všechny nebyly povrchové. K diplomové práci už byl přidán nově vytvořený soubor, který obsahuje již pouze povrchové elementy, kterých je nyní pouze 2142. Ukázka tohoto souboru je zobrazena na obrázku 6.



Obrázek 6: Zkrácený nový vstupní soubor s povrchovými elementy

7.1.2 Složka se soubory „mm_t.pos“

Soubory s koncentrací byly vygenerovány takovým způsobem, že v jedné složce byly uloženy adresáře očíslované 01-50, v kterých byl vždy uložen soubor „mm_t.pos“, a ty představují padesát různých výpočtů s různými vstupními podmínkami (uvedená struktura na obrázku 7).



Obrázek 7: Načítání souborů „mm_t.pos“ a zobrazení jejich uložení

Výběr těchto souborů se provádí v části nazvané „Úprava souborů mm_t.pos“ po stisknutí tlačítka „Přidat“ se zobrazí okno [14] pro načtení souborů. Uživatel si může soubory „mm_t.pos“ přidávat libovolně po jednom, pokud nepotřebuje zpracovávat komplet všechny soubory nebo si je chce z časových důvodů zpracovávat pouze po částech. Lepší variantou je vybrat si nějakou nadřazenou složku, program sám si pak celou podřazenou strukturu prohledá a vybere z ní všechny soubory pod pevně daným názvem souboru „mm_t.pos“. Uživatel si pak může nalezené soubory v aplikaci zkontrolovat, případně přidat ještě další nebo odebrat. Při otevírání se kontroluje, zda je vybraný soubor pojmenován přesně „mm_t.pos“. Je to z důvodu, aby uživatel nepřidal nějaký špatný soubor. Samozřejmostí je, že pokud i poté budou v souboru například nějaká jiná data, soubor bude mít špatnou strukturu, tak program zobrazí hlášku, že při zpracování daného souboru nastala chyba.

Největším problémem bylo, že po spuštění zpracovávání se spustil daný proces a aplikace v tu chvíli zamrzla, dokud nebyl celý proces dokončen. Tento proces, zpracování jednoho souboru, však trvá přibližně 50 sekund na notebooku

s procesorem T2400 na 1,83GHz a 45 s sekund na stolním počítači s procesorem E2140, taktovaném na frekvenci 3,0GHz. To při zpracovávání 1000 souborů pro uživatele nevypadá příliš příjemně, když neví, jak dlouho může zpracování ještě trvat nebo zdali bude vůbec dokončeno. Výše uvedený problém se zamrznutím aplikace byl vyřešen za pomoci využití threadů (vláken), což funguje tak, že jedno vlákno pracuje na zpracovávání souborů a v dalším běží daná aplikace. Aplikace tudíž není nijak zamrzlá, může zároveň získávat informace o běhu vedlejšího vlákna a tyto informace zpracovávat a zobrazovat průběh zpracování, neboli v liště zobrazovat točícím kolečkem běh a zobrazovat kolik procent souborů již bylo zpracováno.

7.2 Průběh zpracování souborů

Pokud je načten soubor s povrchovými elementy a vybrány výstupní soubory „mm_t.pos“ z programu *Flow123D*, stačí kliknout na tlačítko „Zpracuj“ a program začne vykonávat svou činnost.

Samotné zpracování souborů probíhá tak, že se vezme postupně každý soubor „mm_t.pos“ z načteného seznamu a v něm se postupně projíždí každý řádek, dokud se nenarazí na jednu z jedenácti částí *\$ElementData* až *\$EndElementData*. Přeskočí se prvních osm nedůležitých řádků v dané části, tím se dosáhne k seznamu elementů s jejich koncentrací. Každou z částí *\$ElementData* program dále projíždí a porovnává, zda hodnota na začátku řádku, což je číslo elementu (více v kapitole 6), se rovná s elementem, který je uložen na řádku v souboru s povrchovými elementy (kapitola 7.1.1). Pokud se čísla elementů rovnají, uloží se element do určité struktury vytvořené v programu autorem. Tato struktura obsahuje vždy číslo daného elementu a dále jedenáct hodnot, které představují koncentrace v jednotlivých časech. V podstatě nám tato struktura pro daný element představuje jeden řádek tabulky, která je pak pouze vypsána a uložena do nového upraveného souboru, jehož částečný obsah je vidět na obrázku 8. Tento soubor je pro odlišení od neupraveného „mm_t.pos“ pojmenován „mm_t.pos_new.txt“. Ukončení průběhu zpracovávání je indikováno pomocí vyskakujícího okna.

```
3741 0,000000 13,299733 15,654084 15,815788 15,868436 15,991747 16,226975 16,541923 16,873144 17,171901 17,418180
3744 0,000000 0,005975 0,007127 0,007502 0,010416 0,019608 0,035411 0,054164 0,071997 0,086997 0,098875
3745 0,000000 0,000000 0,000000 0,000000 0,000000 0,000000 0,000000 0,000000 0,000000 0,000000 0,000000
3748 0,000000 43,124857 49,239623 49,502366 49,525079 49,528541 49,529088 49,529169 49,529181 49,529182 49,529183
3749 0,000000 2,231918 2,654837 2,689813 2,717347 2,797144 2,961182 3,199004 3,471959 3,742373 3,987730
3753 0,000000 14,798603 16,921665 17,012843 17,020691 17,021885 17,022074 17,022102 17,022106 17,022106 17,022106
```

Obrázek 8: Částečný obsah nového souboru mm_t.pos_new.txt

8 Soubory povrchových elementů

8.1 Vstupní data

Vstupními daty pro software je textový soubor s uloženými čísly povrchových elementů (kapitola 7.1.1). Oproti ročníkovému projektu [16] byl tento soubor nově přepočítán a tudíž obsahuje již pouze 2142 elementů, které jsou již opravdu povrchové. Původní verze obsahovala ještě další elementy.

Dalšími vstupními daty jsou soubory „mm_t.pos“, obsahující informace o koncentracích na jednotlivých elementech. Celkem bylo pro tuto úlohu vytvořeno jeden tisíc různých realizací. Software tedy bude zpracovávat celkem tisíc souborů. Tyto soubory jsou upraveny pomocí části programu, která byla probrána v předchozí kapitole 8 a vytvořila nové textové soubory „mm_t.pos_new.txt“ s uloženými informacemi pouze o 2142 povrchových elementech a jejich koncentraci. Jednotlivé nové soubory jsou vytvořeny vždy do stejného místa, jako byl uložen předchozí soubor „mm_t.pos“.

8.2 Soubory jednotlivých elementů

Jedním z úkolů programu je úprava a setřídění vstupních dat z jednotlivých realizací. Z jednotlivých výstupních textových souborů „mm_t.pos_new.txt“ vytvořených částí, která byla naprogramována již v semestrálním projektu, se vytvoří, pro každý element v nich uvedený, nový soubor. Soubor bude pojmenován číselným označením příslušného elementu a v něm budou pro jednotlivá časová období vzestupně setříděné všechny hodnoty koncentrací.

Textový soubor má takovou strukturu, že na každém řádku je vždy uvedeno číselné označení povrchového elementu a vedle tohoto označení, odděleném tabulátorem, je hodnota koncentrace v čase 0 let, za dalším tabulátorem hodnota v čase 5000 let, atd. až po čas 50000 let. Pro představu je část jednoho z těchto souborů zobrazena na obrázku 9.

Výsledné textové soubory obsahují všechny informace o koncentracích vždy pouze pro jeden daný element. V souboru pojmenovaném číslem povrchového elementu jsou na jedenácti řádcích, které představují jednotlivá časová období, uloženy vzestupně všechny hodnoty koncentrací pro daný element a časové období ze všech souborů „mm_t.pos_new.txt“. Soubor se vytváří takovým způsobem, že se všechny soubory načtou, pro každý element a daný čas se ve všech souborech

naleznou jednotlivé koncentrace, ty se setřídí a uloží do nového souboru s názvem číselného označení elementu. Ukázka takového souboru je vyobrazena na obrázku 9. Vznikne složka „C:\Elementy\“, obsahující soubory nazvané čísla povrchových elementů. Vzhled vzniklé složky je vyobrazen na obrázku 14 v kapitole 9.1.2.

0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
45000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Obrázek 9: Ukázka části souboru jednoho z elementů

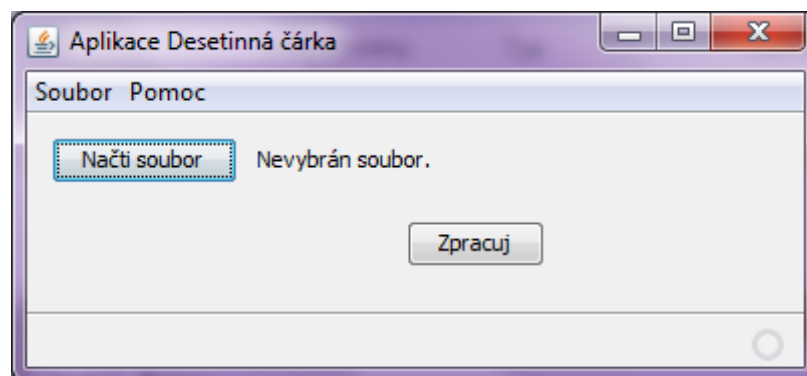
Jelikož většina elementů má zvětší části vypočtené koncentrace nulové, bylo původně zamýšleno pro zjednodušení náročnosti ukládání a práce se setříděním hodnot, že pokud bude při načítání uvedena koncentrace 0, tak se uloží pouze jedna nula a ostatní už ne.

Bohužel tato metoda se nadále neosvědčila, protože z těchto dat, lze dále již vytvářet různé grafy (kapitola 8.3) a hodnoty s nulovou koncentrací zde pak chyběly a přidělovaly více práce. Proto se od výše uvedené metody upustilo a všechny nulové koncentrace zůstaly zachovány a třídilo se i s nimi. Navíc se setříděním i s těmito hodnotami netrvalo zpracování nijak výrazně déle.

8.3 Grafy ze souborů s elementy

Z vytvořených souborů jednotlivých elementů (kapitola 8.2) je následně možné vytvářet různé grafy a určit z nich průběh koncentrace v různých letech. Grafy budou zpracovávány v programu MS Excel 2007. Zde však nastává problém, poněvadž vytvořený software v Javě ukládá, z důvodu rychlosti načítání souborů pro další práci, hodnoty koncentrací s desetinnou tečkou. MS Excel 2007 však pracuje s hodnotami uvedenými s desetinnou čárkou. Z tohoto důvodu byl navíc vytvořen prostředek v Javě (v příloze E na CD), který načte vybraný soubor a převede v něm všechny tečky na čárky. Program obsahuje pouze dvě tlačítka, kde prvním se vybere soubor pro zpracování a druhým se spustí samotné zpracování

souboru. Předělaný soubor je poté uložen na stejné místo, jako je původní soubor, a pod stejným názvem, pouze je k názvu přidáno „_new“. Vzhled aplikace je zobrazen na obrázku 11 a zdrojový kód je popsán v příloze A.



Obrázek 10: Vzhled aplikace převádějící desetinnou tečku na čárku

Pro otevření textových souborů v MS Excelu je nutné přejmenovat koncovku „txt“ na „xls“, což je koncovka souborů MS Excel. Po otevření souboru je možné již začít data zpracovávat a vytvářet různé grafy.

8.3.1 Pravděpodobnostní grafy

V souboru jsou jednotlivá seřazená data koncentrací pro různé časy. Pro vytvoření pravděpodobnostních grafů je potřebné přiřadit jednotlivým hodnotám pravděpodobnosti. Soubor obsahuje 1000 hodnot (obecně n hodnot) koncentrací, tím se získá 1000 (n) intervalů a na každý připadne 0,001 ($1/n$) pravděpodobnosti. První a poslední interval je půlený. Prvnímu intervalu se přiřadí pravděpodobnost 0,0005 (určená podle vzorce 2), další budou růst o 0,001 (vzorec 1), až po poslední interval, který bude mít pravděpodobnost 0,9995 (spočteno dle vzorce 3).

$$\text{Velikost intervalu pravděpodobnosti} = \frac{1}{\text{počet hodnot}} \quad (1)$$

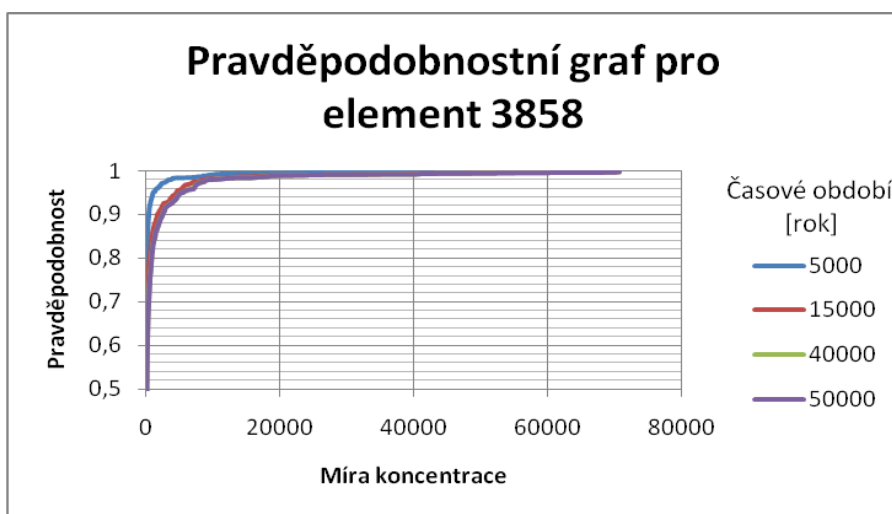
$$\text{Pravděpodobnost první hodnoty} = \frac{1}{\text{počet hodnot}} / 2 \quad (2)$$

$$\text{Pravděpodobnost poslední hodnoty} = 1 - \left(\frac{1}{\text{počet hodnot}} / 2 \right) \quad (3)$$

V programu MS Excel se tedy přiřadí hodnotám koncentrací jednotlivé pravděpodobnosti a poté je již možné pro jednotlivé časy vykreslit bodový graf, který nám zobrazí pravděpodobnost koncentrace na daném elementu. Níže jsou uvedené průběhy pravděpodobnostních grafů na třech, pro porovnání zvolených, elementech 3858, 3938 a 4875. První dva vybrané elementy jsou přímo z centra úložiště odpadů, třetí o kus vzdálený od předchozích dvou pro posouzení, jak se koncentrace změní.

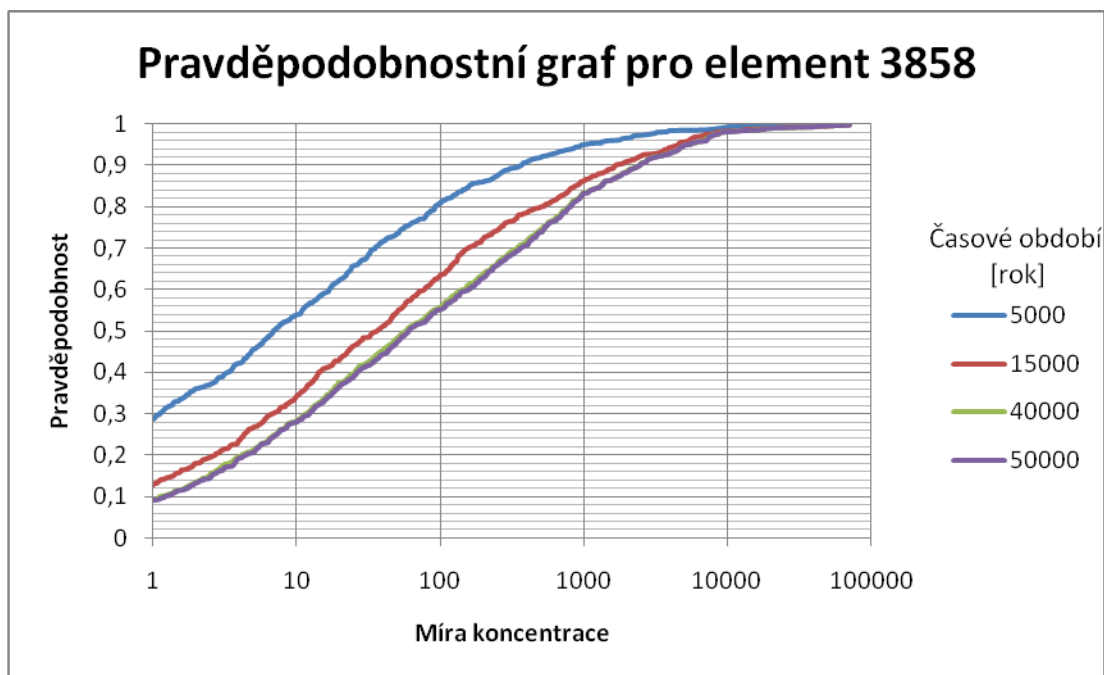
Element 3858:

Z níže uvedeného grafu 3 je vidět, jak se mění průběh v jednotlivých letech. Jsou zobrazeny hodnoty pouze pro časy 5000, 15000, 40000 a 50000 let. Na grafu 4 je zobrazen stejný průběh, pouze pro větší přehlednost je x-ová osa zlogaritmována. Z důvodu zlogaritmování není také možné zobrazit průběh od nuly, poněvadž $\log(0)$ není možný. Křivky pro 40000 a 50000 let splývají, a tak je možné očekávat, že i pro další roky se již výsledky nezmění. Z grafu lze vyčíst, že s pravděpodobností 0,65 je míra koncentrace v časech 15000, 40000 a 50000 let nulová, a pro čas 5000 let je nulová až s pravděpodobností 0,9. Dále je možné v grafu vidět, že míra koncentrace dosáhne hodnoty 10000 s pravděpodobností přibližně 0,99 pro čas 5000 let. Pro ostatní sledované simulační časy (15000, 40000 a 50000 let) s pravděpodobností 0,975. Pokud by tedy hodnota míry koncentrace 10000 byla pro lidské zdraví ještě bezpečná, je velice velká pravděpodobnost, až 99 %, že k žádnému ohrožení obyvatel nedojde. Maximální hodnota koncentrace v jedné realizaci v čase 50000 let dosáhne hodnoty přibližně 70600.



Graf 3: Pravděpodobnostní graf povrchového elementu 3858

Na grafu 4 vypadají průběhy přibližně lineárně. To je způsobeno již zmíněným zlogaritmováním osy „x“ s mírou koncentrace. Pro čas 5000 let je pravděpodobnost výrazně vyšší než u ostatních časů (oproti času 50000 let je to až o 20%). S rostoucím časem se tedy pravděpodobnosti postupně snižují, ale začínají se postupně ustalovat, což je patrné z porovnání průběhu pro období 40000 let a 50000 let.



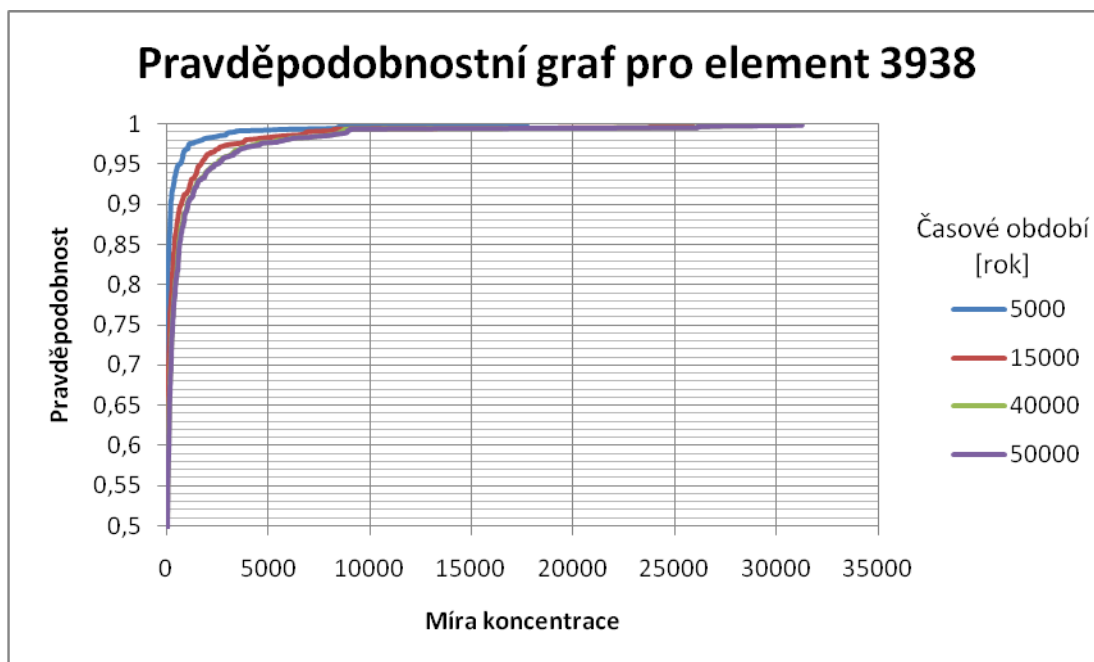
Graf 4: Pravděpodobnostní graf pro element 3858 s logaritmovanou osou

Element 3938:

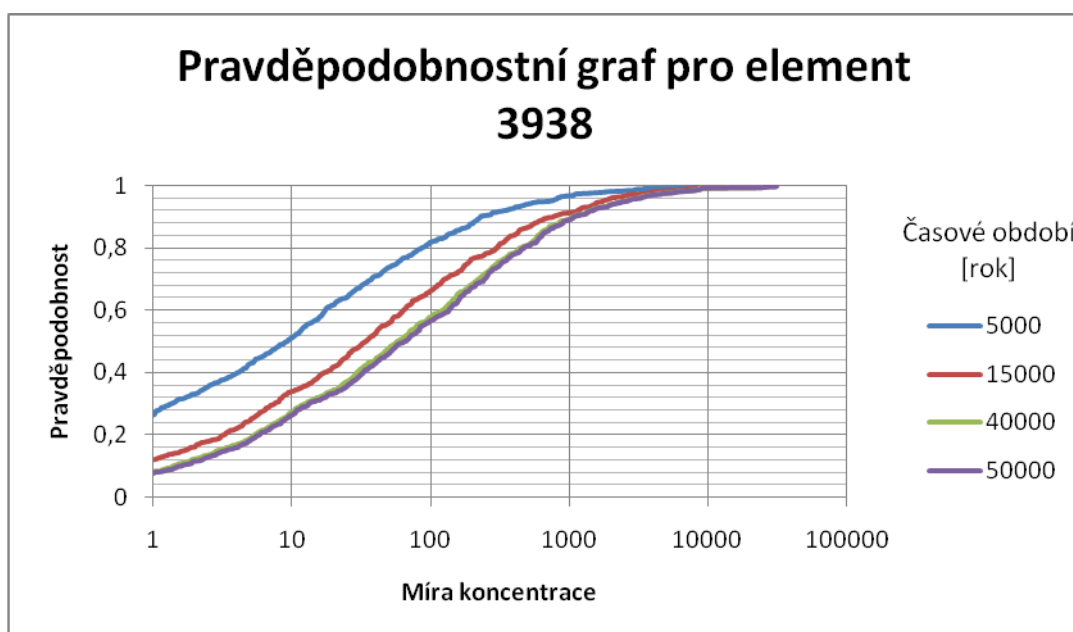
Průběh pravděpodobnostního grafu pro tento element 3938 je zobrazen v grafu 5. Průběhy jsou zobrazeny pro stejná časová období jako u grafu 3 a 4. Maximální hodnota koncentrace v čase 50000 let je přibližně 32000. S pravděpodobností 65 % je míra koncentrace stále ještě přibližně rovná nule. S vyšší pravděpodobností již začíná koncentrace výrazněji narůstat. V čase 5000 let je koncentrace na 95 % přibližně 800, v ostatních letech je kolem 5000. Dále je možné vyčíst, že míra koncentrace dosáhne hodnoty 10000 v čase 5000 let s pravděpodobností 99 % a v ostatních letech s pravděpodobností 98 %. Křivka zobrazující průběh v čase 40000 let, splývá přibližně s křivkou pro čas 50000 let.

Stejně závěry je opět možné vyčíst na dalším pravděpodobnostním grafu 6, kde jako u elementu 3858 je opět zlogaritmována osa „x“. Z tohoto grafu 6, proti

grafu 5, lze mnohem lépe vyčíst, s jakou pravděpodobností bude míra koncentrace na daném elementu 3938 nižší než 10, případně 100. U grafu 5 bez zlogaritmované osy „x“, můžeme tuto hodnotu pouze zhruba odhadnout s hodně velkým rozptylem. Zde je tedy možné vyčíst, že hodnota pravděpodobnosti bude 0,5, pokud bude koncentrace nižší než 10 v časovém období 5000 let. V období 15000 let, bude pravděpodobnost pro koncentraci 10 mezi 0,3 a 0,4, a pro ostatní časy pak 0,3.



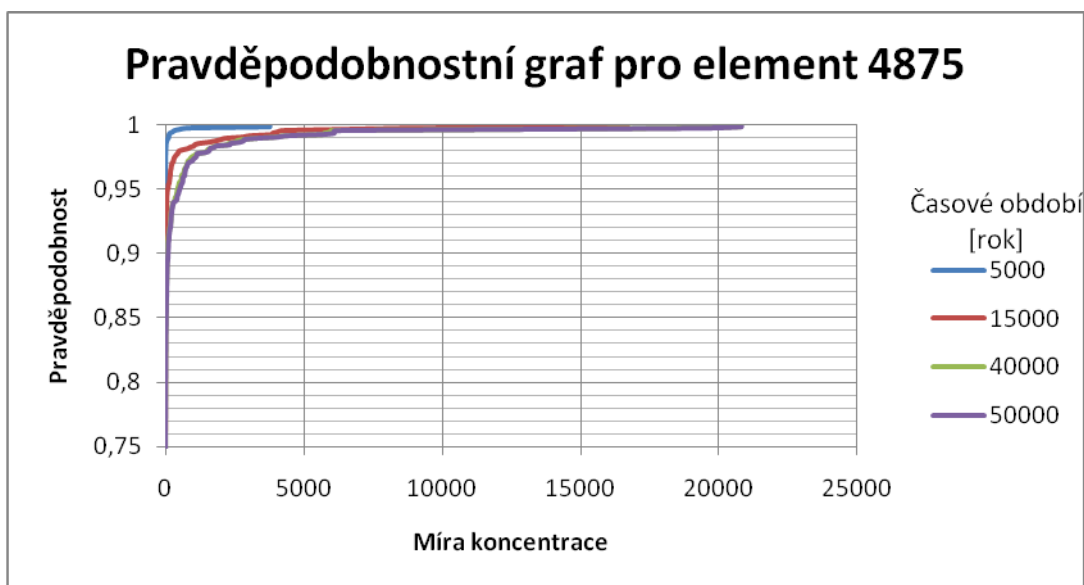
Graf 5: Pravděpodobnostní graf povrchového elementu 3938



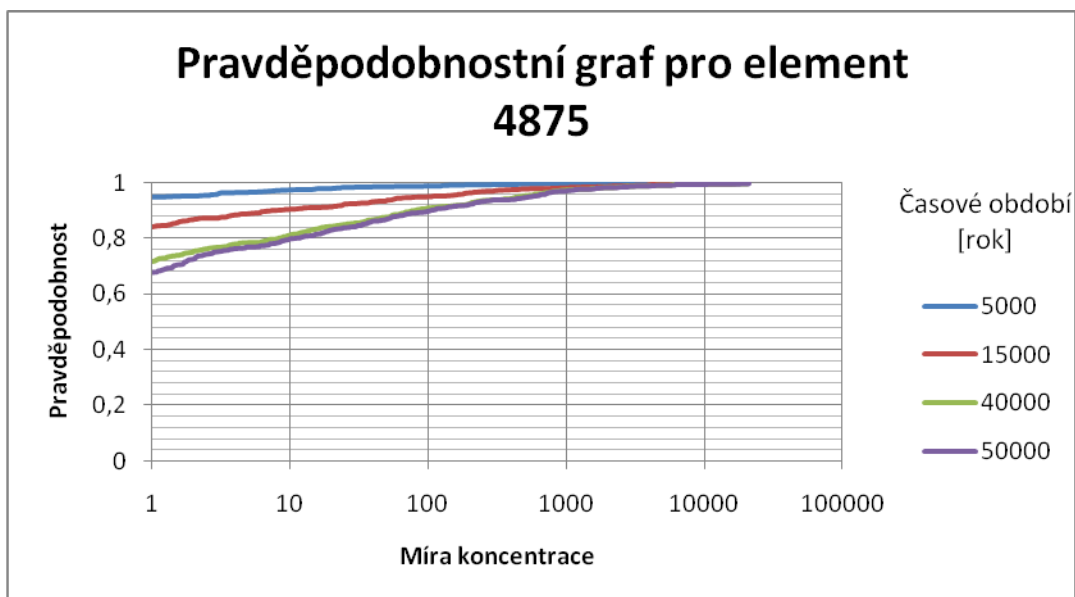
Graf 6: Pravděpodobnostní graf pro element 3938 s logaritmovanou osou

Element 4875:

Na posledních dvou pravděpodobnostních grafech 7 a 8, zobrazujících element 4875 je vidět, že maximální hodnota koncentrace v čase 50000 let je asi 21500, pro čas 5000 let je kolem 4000. Míra koncentrace je téměř nulová až s pravděpodobností 0,9 pro všechny časové úrovně. Pro čas 5000 let vyplývá, že s pravděpodobností 0,99 bude koncentrace stále téměř nulová, pro čas 15000 let přibližně 2500 a pro ostatní časová období je tato míra koncentrace kolem 3000. Míra koncentrace dosáhne hodnoty 10000 s pravděpodobností téměř rovné 1.



Graf 7: Pravděpodobnostní graf povrchového elementu 4875



Graf 8: Pravděpodobnostní graf pro element 4875 s logaritmovanou osou

Z porovnání pravděpodobnostních grafů pro první dva elementy je vidět, že jejich průběhy jsou téměř podobné. Pokud by povolená míra koncentrace na povrchu oblasti byla 1000, tak pravděpodobnost, že bude koncentrace nižší než povolených 1000 by byla u grafu 4 kolem 0,8 a u grafu 6 kolem 0,9, což je stále celkově vysoká pravděpodobnost. Naopak u posledních dvou pravděpodobnostních grafů 7 a 8 pro element 4875, je pravděpodobnost pro tuto míru koncentrace již vyšší, skoro rovná 1. Již z vypočtených výsledků bylo patrné, že tyto elementy se nacházejí v oblasti, kde se může dostat koncentrace na povrch. Valná většina ze všech 2142 elementů je však bezpečná a míra koncentrace na nich byla stále nulová. Tyto elementy jsou z oblasti, na které se očekávala nejvyšší míra koncentrace radioaktivní látky. Tato oblast je vidět na obrázku 15 zobrazujícím mapu oblasti melechovského masivu, která je výsledkem programu *Program pro práci se soubory mm_t.pos* z této práce.

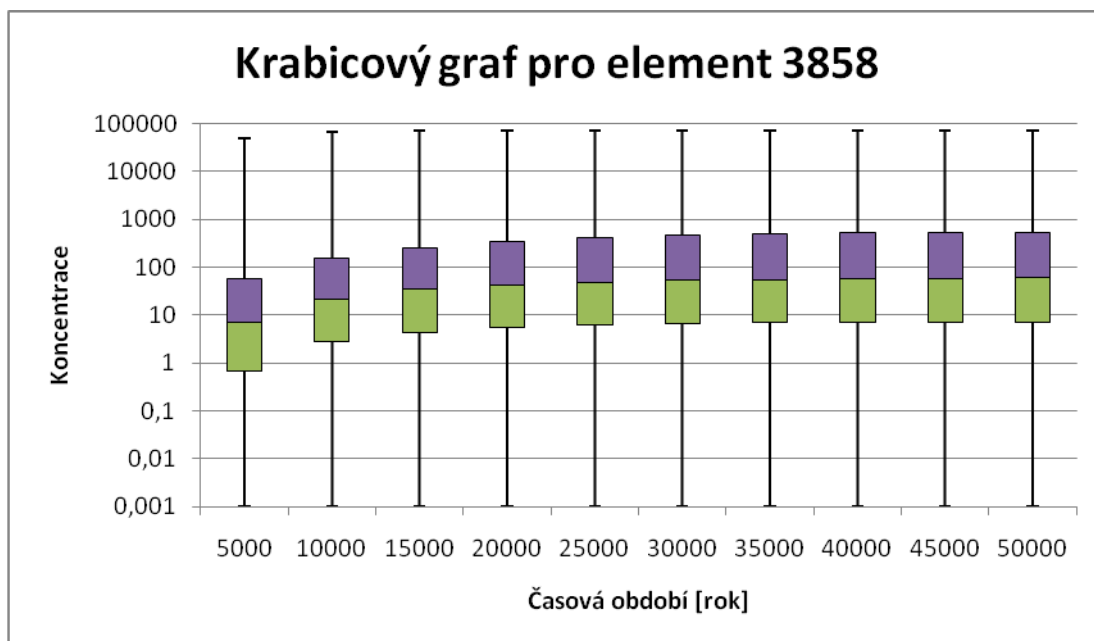
8.3.2 Krabicové grafy

Druhým možným typem grafu, který pomůže zachytit průběh koncentrace na elementu ve všech letech na jednom grafu, je krabicový graf. Popis krabicových grafů, vysvětlení jednotlivých částí a návod na tvorbu grafu v softwaru *MS Excel 2007* jsou uvedeny v kapitole 4.

Pro vytvoření krabicového grafu je zapotřebí mít vzestupně seřazený seznam hodnot. Takto připravená data jsou výstupem z části programu *Program pro práci se soubory mm_t.pos* a jejich vytvoření je uvedené v kapitole 8.2. Na níže uvedených grafech jsou zobrazeny vytvořené krabicové grafy pro stejné tři elementy (3858, 3938 a 4875), jako tomu bylo v předchozí kapitole u pravděpodobnostních grafů.

Soubory pro všechny tři elementy, s koncentrací na elementu, vypočteným výstupem pro zobrazení krabicového grafu a vykreslením výsledného grafu jsou přiloženy v příloze D na CD. Do takto připraveného souboru stačí pouze vzít data pro jiný element, zaměnit desetinné tečky na čárky pomocí programu, uvedeného v kapitole 8.3 a přiloženého na CD (příloha E), a nakopírovat tato data místo dat v souboru na CD. Graf se již poté vytvoří sám.

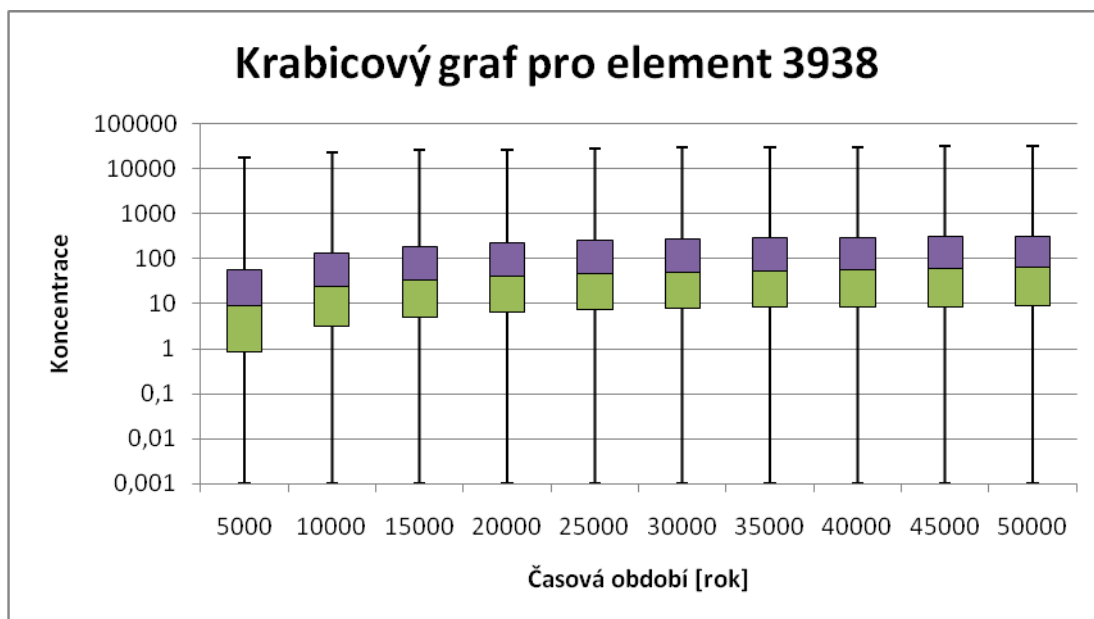
Níže, na grafech 9,10,11, jsou zobrazeny krabicové grafy pro elementy 3858, 3938 a 4875. Pro stejné elementy byly v kapitole 8.3.1 tvořeny pravděpodobnostní grafy.



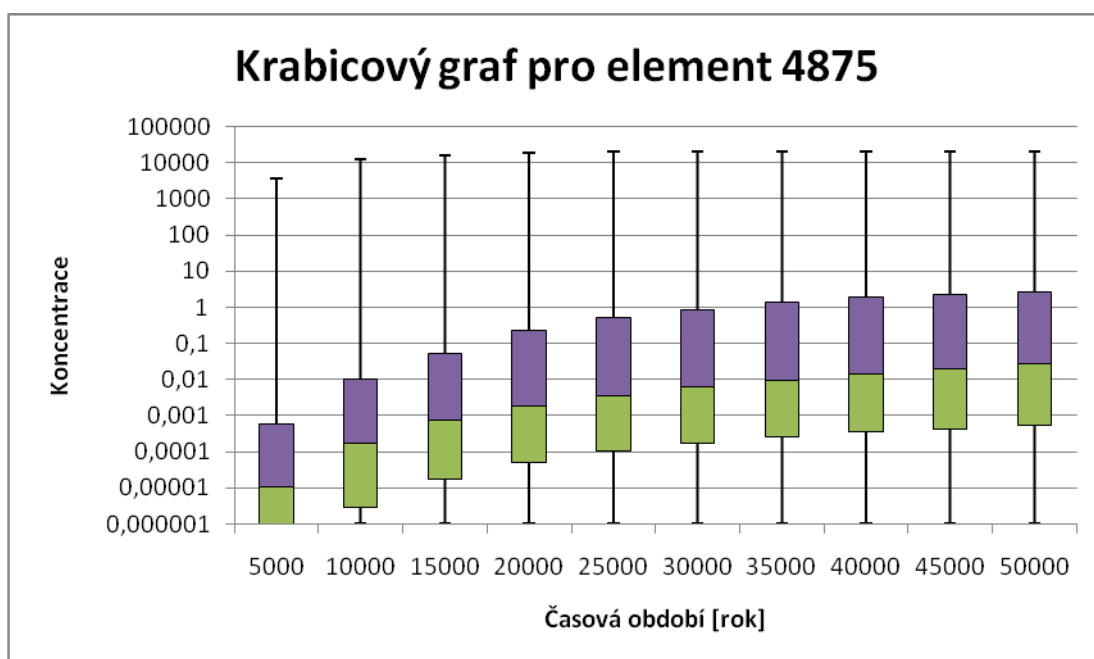
Graf 9: Krabicový graf povrchového elementu 3858

V grafech jsou zobrazeny „krabice“ pro jednotlivá časová období od 5000 let po 50000 let. Svislá osa, zobrazující koncentraci radioaktivní látky, je zobrazena v logaritmickém měřítku z důvodu velkého rozsahu hodnot. Z grafů je vidět, jak se zvyšuje s postupem času koncentrace dané látky. Z grafu 9 je vidět, že koncentrace je rozložena mezi hodnotami přibližně 0 – 70000, u grafu 10 je to přibližně 0 – 30000 a u posledního grafu 11 je to 0 – 20000. Uvedené hodnoty odpovídají maximálním hodnotám koncentrace na pravděpodobnostních grafech 3, 5, 7 nebo na pravděpodobnostních grafech 4, 6, 8 se zlogaritmovanou osou „x“.

Z polohy mediánu je dále patrné, že více hodnot se blíží hodnotě minima. To lze usoudit z toho, že medián rozděluje data na dvě poloviny. Pokud by se vzdálenost mezi minimem a mediánem rovnala vzdálenosti mezi mediánem a maximem, byla by data symetricky rozložena. Z důvodu použití logaritmického měřítka se nezdá rozdíl tolik patrný. Z výsledků koncentrací v krabicovém grafu lze usuzovat, že po zlogaritmování dat jsou rozložena symetricky. Jak je však uvedeno v souborech programu *MS Excel* v příloze D na CD, tak např. pro krabicový graf elementu 3858, je velikost mezi prvním kvantilem a mediánem přibližně kolem 45 a mezi mediánem a třetím kvantilem je velikost kolem 450, což je velikost 10x větší.



Graf 10: Krabicový graf povrchového elementu 3938



Graf 11: Krabicový graf povrchového elementu 4875

Jelikož uvedené elementy jsou vybrané přímo z části místa úložiště, kde se předpokládá vyšší koncentrace, je tato informace z grafů zcela patrná. Je možné si povšimnout, že na grafu 11, zobrazujícím element 4875, který se nachází blíže okraji postižené oblasti, je koncentrace látky výrazně nižší, než na elementech 3858 a 3938 zobrazených na grafech 9 a 10.

Z hodnoty třetího kvartilu na grafu 11, je možné vyvodit, že 75 % hodnot má i v čase 50000 let koncentraci nižší než 10. U předchozích grafů 9 a 10 je koncentrace nižší než 1000. Tato informace tedy udává, že s pravděpodobností přes 75 % bude hodnota koncentrace nižší než 10 na elementu 4875. Na ostatních elementech s pravděpodobností 75 % je tedy pravděpodobnost nižší než 1000. O pravdivosti této skutečnosti je možné se přesvědčit i na pravděpodobnostních grafech 3, 5, 7 nebo 4, 6, 8 v kapitole 8.3.1.

Jak vychází z výše uvedených poznatků, jsou krabicové grafy velmi užitečným nástrojem a dovedou zachytit mnoho informací o průběhu pouze v jednom grafu.

9 Tvorba mapy

Nejdůležitějším úkolem v této práci bylo ve výsledném softwaru vytvořit mapu oblasti melechovského masivu, která bude zobrazovat pravděpodobnost výskytu zadané koncentrace na povrchu této oblasti.

9.1 Vstupní data

Než bude možné mapu oblasti nějakým způsobem vykreslit, je nutné mít připravená vstupní data potřebná pro vykreslení. K tomu je potřebné mít data (souřadnice uzlů elementů) o jednotlivých povrchových elementech této oblasti a dále pravděpodobnost koncentrace na jednotlivých povrchových elementech.

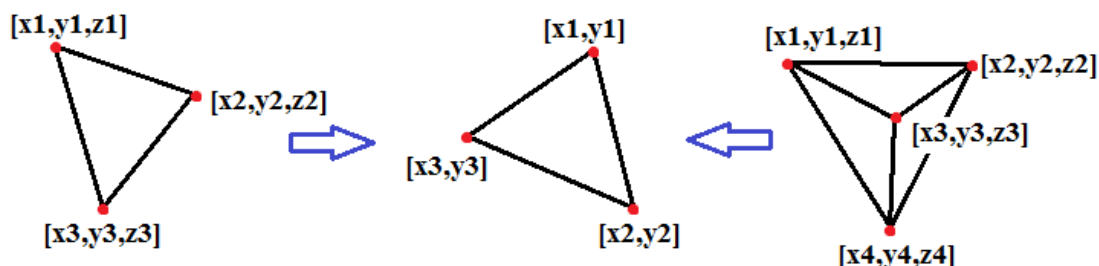
9.1.1 Souřadnice elementů

Pro vykreslení jednotlivých elementů je nutné mít informace o tom, z jakých uzlů se skládají a dále, jaké souřadnice mají dané uzly. Tyto informace se v programu načítají v pravé části pod záložkou „Všechny elementy se souřadnicemi“. Jak bylo uvedeno v kapitole 6, všechny tyto informace lze načíst z jakéhokoliv souboru „mm_t.pos“, který je výstupem ze softwaru *Flow123D* a je nutné ho vybrat po stisknutí tlačítka „Načti soubor mm_t.pos“.

V souboru „mm_t.pos“ v části *\$Nodes* je uveden seznam všech uzlů, které mají číselné označení od 0 po 7173, a dále jsou u nich vypsány jednotlivé souřadnice na osách „x“, „y“, „z“. V další části nazvané *\$Elements* jsou vypsány všechny elementy, z kterých je složena síť celého modelu oblasti melechovského masivu.

Jednotlivé elementy mohou mít různý tvar viz. Tabulka 1, v této tabulce jsou však vypsány všechny možné druhy, které software *Flow123D* může vytvářet. Vytvořený model melechovského masivu však obsahuje v souborech pouze elementy typu 2 a 4, tedy trojúhelníky a čtyřstěny. Jelikož vytvořená mapa znázorňuje pouze povrch oblasti, bylo rozhodnuto, že není potřebné, aby mapa byla vykreslena prostorově ve 3D, ale pouze rovinně ve 2D. Navíc ve 3D nebylo možné určit, na jaké místo na mapě se v aplikaci kliknulo, pro zobrazení dodatečných informací o daném elementu. Více o této problematice je uvedeno v kapitole 9.2.1. Z tohoto důvodu bylo nutné souřadnice elementů pro vykreslení přetransformovat, tak jak je zobrazeno na obrázku 11.

V aplikaci je vytvářena tabulka, která načítá informace o souřadnicích elementů oblasti a zobrazuje nám souřadnice „x“, „y“, „z“ pro všechny tři uzly. Vertikální souřadnice „z“ mohla být úplně vynechána, protože se s ní v programu nepracuje, ale zůstala zachována pro případné další zpracovávání těchto informací.



Obrázek 11: Transformace 3D typů elementů na element ve 2D

Elementy typu trojúhelník nebylo tedy nutné nijak upravovat, při vykreslování se vynechala souřadnice „z“ a tím se získal element ve 2D. Problém však nastal u čtyřstěnu. Ten má čtyři stěny a skládá se ze čtyř uzlů, které mají dané souřadnice. Ze soupisu jednotlivých uzlů však nebylo jasné, která ze čtyř stěn, je ta na povrchu. Tento problém byl vyřešen pomocí porovnání z-ových souřadnic, kde vrchol s nejnižší hodnotou byl odstraněn. Zbylé tři uzly tvoří požadovaný trojúhelník. Do tabulky byly tedy uloženy již pouze trojúhelníkové elementy.

Všechny elementy se souřadnicemi									
Povrchové elementy s pravděpodobností									
Mapa pravděpodobnosti									
Otevření souboru pro načtení souřadnic pro tvorbu mapy									
Načti soubor mm_t.pos						Uložení tabulky do txt			
Element	Uzel 1-x	Uzel 1-y	Uzel 1-z	Uzel 2-x	Uzel 2-y	Uzel 2-z	Uzel 3-x	Uzel 3-y	Uzel 3-z
0	9969	6855	268	9711	6861	244	9874	7015	245
1	10063	6695	281	9969	6855	268	9711	6861	244
2	255	2729	239	124	2811	236	369	2919	240
3	143	2988	234	124	2811	236	369	2919	240
4	780	2400	288	914	2481	291	911	2318	302
5	240	3874	253	221	3697	240	413	3730	240
6	542	3181	238	930	3298	247	927	3135	255
7	758	3442	238	930	3298	247	542	3181	238
8	369	2919	240	162	3166	237	542	3181	238
9	162	3166	237	542	3181	238	182	3343	238
10	143	2988	234	162	3166	237	369	2919	240
11	413	3730	240	201	3520	238	585	3586	235
12	182	3343	238	201	3520	238	585	3586	235
13	201	3520	238	221	3697	240	413	3730	240
14	917	2644	284	649	2482	281	624	2811	258
15	917	2644	284	914	2481	291	649	2482	281
16	517	2564	267	624	2811	258	649	2482	281
17	914	2481	291	780	2400	288	649	2482	281

Obrázek 12: Tabulka s načtenými souřadnicemi všech elementů

Na obrázku 12 je zobrazena část aplikace zobrazující část načtených elementů. Jelikož jednotlivé elementy jsou číslovány od nuly po 37069, bylo jednodušší načíst si všechny tyto elementy do pole a mít tak jednotlivé elementy přímo pod jejich daným indexem. Bylo možné načíst i informace pouze povrchových elementů, jejichž soupis je uveden v textovém souboru (kapitola 7.1.1), ale zde by bylo nutné při vykreslování vždy daný element v poli vyhledávat.

Tabulka slouží pro zobrazení souřadnic jednotlivých elementů a tuto tabulku je možné také uložit kliknutím na tlačítko „Uložení tabulky do txt“, kde se vybere cesta pro uložení.

9.1.2 Pravděpodobnosti na jednotlivých elementech

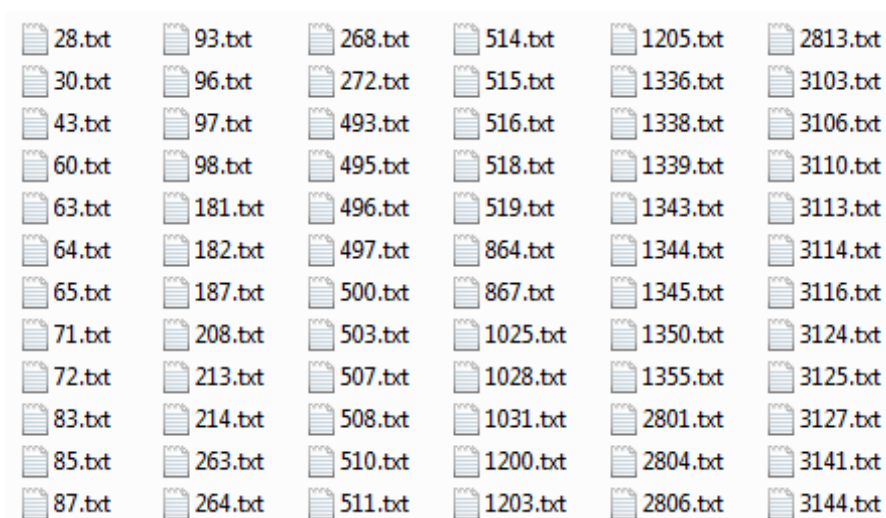
Dalšími údaji nutnými pro vytvoření mapy s pravděpodobností výskytu dané koncentrace jsou spočtené pravděpodobnosti na jednotlivých povrchových elementech ve všech časových obdobích. Výpočet se provádí opět v pravé části, jako u určování souřadnic elementů, akorát pod záložkou „Povrchové elementy s pravděpodobností“. Pohled na tuto část i s ukázkou již vypočtených hodnot pravděpodobností je zobrazen na obrázku 13.

Všechny elementy se souřadnicemi		Povrchové elementy s pravděpodobností							
Zadej hodnotu koncentrace pro výpočet pravděpodobností:		10							
		Vypočítat pravděpodobnosti							
		Uložení tabulky do txt							
Element	0	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000
3722.0	0.9995	0.6075	0.5145	0.4885	0.4675	0.4585	0.4535	0.4475	0.4465
3726.0	0.9995	0.5495	0.4125	0.3755	0.3565	0.3375	0.3315	0.3275	0.3275
3741.0	0.9995	0.5845	0.4665	0.4355	0.4135	0.3965	0.3935	0.3895	0.3855
3744.0	0.9995	0.8335	0.7665	0.7315	0.7115	0.7035	0.6935	0.6885	0.6825
3745.0	0.9995	0.9855	0.9855	0.9855	0.9855	0.9855	0.9855	0.9855	0.9855
3748.0	0.9995	0.6475	0.5945	0.5795	0.5745	0.5675	0.5655	0.5625	0.5595
3749.0	0.9995	0.7305	0.6155	0.5725	0.5365	0.5165	0.5005	0.4925	0.4775
3753.0	0.9995	0.7255	0.6725	0.6565	0.6525	0.6505	0.6475	0.6465	0.6465
3756.0	0.9995	0.7405	0.6975	0.6875	0.6855	0.6845	0.6845	0.6845	0.6845
3758.0	0.9995	0.7315	0.6805	0.6735	0.6715	0.6705	0.6705	0.6705	0.6705
3763.0	0.9995	0.9735	0.9705	0.9695	0.9675	0.9665	0.9665	0.9665	0.9665
3768.0	0.9995	0.9865	0.9865	0.9865	0.9865	0.9865	0.9865	0.9865	0.9865
3769.0	0.9995	0.9935	0.9935	0.9935	0.9935	0.9935	0.9935	0.9935	0.9935
3773.0	0.9995	0.7695	0.7015	0.6805	0.6685	0.6675	0.6665	0.6655	0.6635
3778.0	0.9995	0.5375	0.4675	0.4415	0.4335	0.4275	0.4255	0.4255	0.4215
3785.0	0.9995	0.9835	0.9835	0.9835	0.9835	0.9835	0.9835	0.9835	0.9835
3794.0	0.9995	0.9845	0.9845	0.9845	0.9845	0.9845	0.9845	0.9845	0.9845
3798.0	0.9995	0.8075	0.7795	0.7715	0.7705	0.7695	0.7695	0.7675	0.7675
3802.0	0.9995	0.9145	0.8925	0.8825	0.8715	0.8665	0.8625	0.8595	0.8585

Obrázek 13: Tabulka s vypočtenými pravděpodobnostmi na povrchových elementech pro zadanou hodnotu koncentrace 10

Před spuštěním výpočtu jednotlivých pravděpodobností je nutné zadat do políčka hodnotu koncentrace. Program poté, po kliknutí na tlačítko „Vypočítat

pravděpodobnosti“, spočítá, jaká je pravděpodobnost, že bude na povrchovém elementu koncentrace menší nebo rovna té zadané. Po kliknutí na tlačítko však vyskočí okno pro výběr složky se soubory jednotlivých elementů. Soubory elementů byly vytvářeny v kapitole 8.2. Daná složka tedy obsahuje takové soubory, jak je to zobrazené na obrázku 14. Složku s takovýmto obsahem je tedy nutné vybrat. Pozor je třeba dávat na to, aby složka neobsahovala jiné soubory, než jsou soubory s elementy. Program by se pak mohl při zpracování zaseknout, protože tam není problém s vybráním jiného souboru vyřešen.



Obrázek 14: Částečný obsah složky s jednotlivými povrchovými elementy

Po vybrání správné složky se spustí zpracovávání souborů a výpočet pravděpodobností. Průběh výpočtu je možné sledovat ve spodní části na „progressbaru“. Tato činnost zabere nějaký čas, na notebooku s procesorem T2400 na 1,83GHz trvalo zpracování 11 minut a na stolním počítači s procesorem E2140, taktovaném na frekvenci 3,0GHz, 9,5 minut.

Výpočet probíhá na podobném způsobu, jako při tvorbě pravděpodobnostních grafů (kapitola 8.3.1). Jednotlivé hodnoty koncentrací, mají „jakoby“ přiřazenu pravděpodobnost. Jelikož je hodnot tisíc, získáme také tisíc stejně velkých intervalů. První a poslední interval je půlený. Pravděpodobnost tedy bude růst po 0,001 a první hodnota bude mít pravděpodobnost 0,0005 a poslední pravděpodobnost 0,9995. Pro určení těchto hodnot byly vytvořeny vzorce 1, 2, 3 v kapitole 8.3.1. Ze vzorců je patrné, že program nefunguje pouze pro soubory, kde se objevuje tisíc hodnot koncentrací, počet může být volitelný.

Jelikož hodnoty s koncentrací byly již seříděné, stačilo tedy pouze postupně projíždět od počátku hodnoty a kontrolovat, zda je aktuální hodnota rovná nebo menší než námi zadaná, pro kterou pravděpodobnosti počítáme. Na počátku cyklu, projíždění hodnot koncentrací, se nastavila počítaná hodnota pravděpodobnosti na hodnotu spočtenou pomocí vzorce 2 z kapitoly 8.3.1. Zlomek ve vzorci představuje velikost jednotlivých intervalů, ale jelikož je první interval půlený, musí být hodnota podělena dvojkou. Při pokračování průchodu cyklu se vždy, pokud je koncentrace nižší nebo rovna zadané hodnotě, navýší o velikost spočtenou podle vzorce 1 z kapitoly 8.3.1. Tímto se tedy postupně získá správná hodnota koncentrace.

Jelikož se však ve většině souborů vyskytují samé nuly a prohledávání a porovnávání hodnot by se zbytečně prodlužovalo, bylo pro zrychlení výpočtu využito zjednodušující podmínky. Před samotným projížděním cyklu se zjistí, zda není poslední hodnota v seznamu hodnot koncentrací rovna 0 nebo v podstatě menší než námi zadaná koncentrace. V tuto chvíli, pokud se tak stane, je nastavena vypočtená pravděpodobnost na hodnotu nejvyšší podle vzorce 3 z kapitoly 8.3.1. Tím se tedy zamezí procházení a porovnávání všech předchozích hodnot.

Vypočtené hodnoty jsou poté vypsané do tabulky. V tabulce je vždy uvedeno číslo daného elementu a za ním následují vypočtené pravděpodobnosti pro jednotlivá časová období (0, 5000, ..., 50000 let). Ukázka takto již vypočítaných pravděpodobností pro zadanou koncentraci 10 je zobrazena výše na obrázku 14. Takto vytvořenou tabulku je možné zároveň uložit a případně použít pro nějaké jiné účely. Při ukládání je pouze nutné vybrat cestu pro uložení souboru. Soubor je poté uložen jako textový s koncovkou „txt“.

9.2 Vykreslení mapy s pravděpodobnostmi

Pokud jsou již načtené souřadnice všech elementů a vypočítané pravděpodobnosti pro povrchové elementy, je možné přejít na poslední záložku v aplikaci nazvanou „Mapa pravděpodobností“. Na této záložce také není žádné složité ovládání. Jsou zde pouze dvě tlačítka, jedno pro vykreslení mapy a druhé pro uložení mapy, a dále výběrový seznam, kde se vybírá časové období, pro které má být mapa zobrazena. Na pravé straně je pak ještě posuvník pro zmenšování (zvětšování) mapy oblasti hlubinného úložiště. Jelikož původní souřadnice jsou příliš velké, byl zvolen rozsah zmenšení, oproti původní velikosti, od 1/5 do 1/20. Mapa

bude samozřejmě zobrazena pouze pro, na předchozí záložce, vygenerované pravděpodobnosti. Pro vykreslení jiné koncentrace je nutné znova pravděpodobnosti vypočítat. K vykreslené mapě byla navíc na horní část přidána legenda, udávající obarvení jednotlivých elementů v závislosti na velikosti pravděpodobnosti.

Na vykreslenou mapu je následně možné kliknout na námi zvolený element. Po kliknutí a lehkém pohnutí myši jinam na mapu se nám zobrazí popisek, který nám vypíše všechny informace o daném elementu (označení elementu, pravděpodobnost koncentrace a souřadnice jednotlivých uzlů na povrchu). Ukončení zobrazování informací se provede kliknutím pravého tlačítka na oblast s mapou.

Po stisku tlačítka uložit mapu do souboru, stačí vybrat cestu k souboru a program uloží mapu i s legendou v navolené velikosti do souboru s koncovkou „png“.

9.2.1 Tvorba mapy

Pro vytvoření a vykreslení mapy bylo využito grafické třídy Graphics2D [19], [13]. Tato třída umožňuje pracovat s grafickými objekty, vytvářet tedy různé tvary, vykreslovat písmo a hromadu dalších věcí. Původně bylo zamýšleno, že pro vykreslení mapy pravděpodobností bude využito grafické knihovny OpenGL [20], která umí dobře pracovat s 3D grafikou. Následně však bylo od této možnosti upuštěno, protože bylo od aplikace požadováno, aby identifikovala, kam se na mapu kliklo, aby bylo možné zobrazit informace o daném elementu [21]. Toto však není ve 3D prostoru nijak jednoduché určit, nebo pokud by se nějak elementy překrývaly vůbec nemožné. Po hledání a zjišťování, jakým způsobem docílit požadované funkce, byla zvolena právě grafická třída Graphics2D [13], [19], která tento problém umožňuje vyřešit. Navíc jelikož je vykreslován pouze povrch oblasti hlubinného úložiště, nebylo nutné vykreslovat mapu v prostorovém zobrazení.

Pro definování jednotlivých elementů bylo využito třídy „Polygon“, která je součástí Graphics2D a umožňuje vykreslovat mnohoúhelníky. Tato třída rovněž obsahuje metodu, která umí určit, zda element leží na nějakých souřadnicích [21]. Této metody bylo následně využito pro zobrazení informací po kliknutí na jednotlivé elementy. K jednotlivým polygonům bylo potřebné uložit i jejich informace, proto bylo využito vlastnosti Javy a byla vytvořena nová třída „ElementMapy“, která byla rozšířena od právě od třídy „Polygon“. Nová třída „ElementMapy“ tak obsahovala všechny parametry a metody třídy „Polygon“ a navíc mohla obsahovat i další přidáné

informace, jako jsou číslo elementu, pravděpodobnost a souřadnice uzlů. Tato třída s celým jejím popisem je uvedena v příloze B.

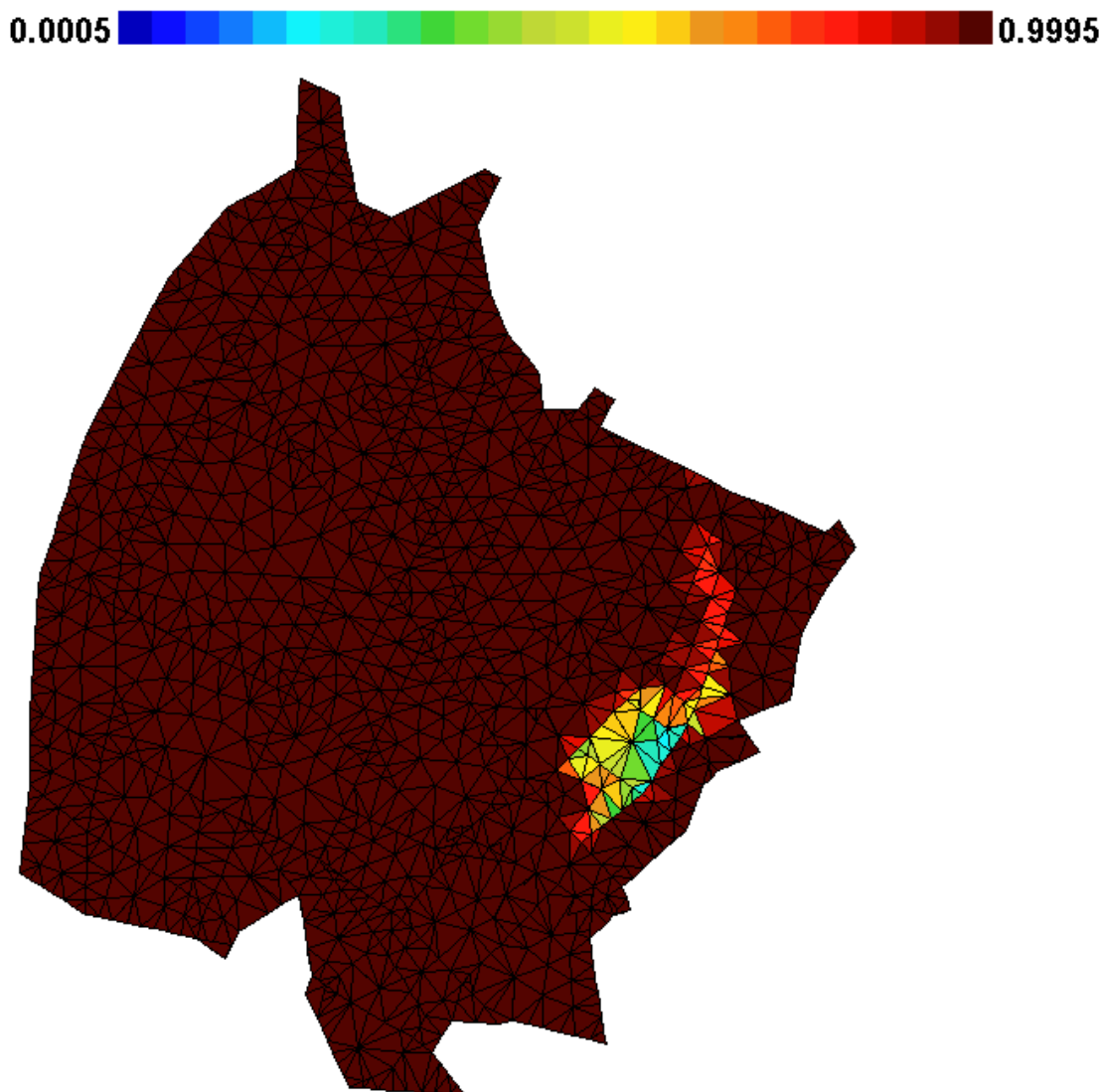
Pro určení barevného podání pravděpodobnosti na jednotlivých elementech byl vytvořen seznam barev, z kterého byla vytvořena i legenda, zobrazující postupující obarvení od pravděpodobnosti 0,0005 po 0,9995. Tento informativní „proužek“ byl přidán na horní část mapy oblasti. Muselo být ošetřeno, aby se proužek vykresloval stále na střed v závislosti na zmenšování (zvětšování) mapy, a aby byl stále celý zobrazen, i když by byla mapa menší než velikost legendy. Tyto problémy byly vyřešeny.

Zvětšování a zmenšování rozsahu je ovlivňováno hodnotou na posuvníku, která udává hodnotu, kterou jsou vždy souřadnice elementů poděleny.

Vykreslení mapy v Javě se provádí přímo na komponentu „JPanel“ [22]. K tomuto problému byla vytvořena třída „Mapa“, rozšířená právě od třídy „JPanel“, která přejímá všechny vlastnosti, které má třída „JPanel“. V této třídě musí být uvedena předdefinovaná metoda „paintComponent“, v které jsou zapsány příkazy, udávající, co se má na komponentu, definovanou touto třídou, vykreslit. Zdrojový kód třídy je uveden a popsán v příloze C. Jelikož zobrazená mapa, může mít v zobrazení v aplikaci různý rozměr, bylo zapotřebí zobrazovat objekt třídy „Mapa“ do komponenty „JScrollPane“, která obsahuje posuvníky pro pohyb s obsahem uvnitř této komponenty, zde s vyobrazenou mapou. V dokumentaci k „JScrollPane“ se uvádí, že posuvníky se sami zobrazí a s obsahem půjde hýbat, jakmile je obsah uvnitř „JScrollPane“ větší než jeho rozměry. Problém byl však ten, že posuvníky se nezobrazily, a když byly pevně nastaveny, tak byly neaktivní a posunovat s nimi nešlo („JScrollPane“ nedokázal zjistit informace o rozměru jeho obsahu). Problém byl vyřešen [23], předefinováním metody „getPreferredSize“ uvnitř třídy „Mapa“, kde se musely nastavit velikosti mapy. Z této metody si již pak komponenta „JScrollPane“ zjistila informace o velikosti svého obsahu a bylo možné s obsahem pohybovat.

Pro uložení mapy bylo využito formátu PNG, jehož výhodou je oproti formátu JPG, že využívá metodu bezztrátové komprese. JPG používá ztrátovou kompresi. Oproti BMP je výhoda ta, že po uložení má soubor, díky využití již zmíněné bezztrátové komprese, menší velikost. Z těchto důvodů byl pro uložení vybrán právě formát PNG.

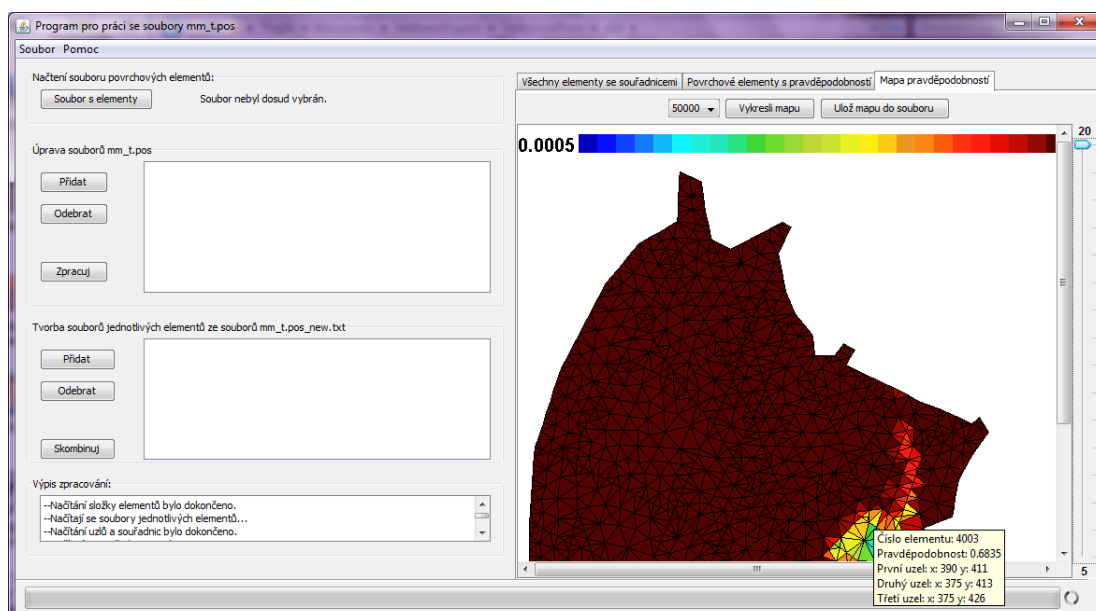
Ukázka výsledné zobrazené mapy je zobrazená níže na obrázku 15. Tento obrázek mapy hlubinného úložiště je přímo obrázkem uloženým z aplikace *Program pro práci se soubory mm_t.pos*. Z porovnání s obrázkem 4, zobrazujícím síť oblasti úložiště melechovského masivu, je patrné, že námi vytvořená mapa oblasti je stejná.



Obrázek 15: Mapa pravděpodobností oblasti melechovského masivu v čase 50000 let a vypočtená pro koncentraci 10

10 Práce se softwarem

Celkový vzhled softwaru vytvořeného v této práci, je zobrazen na obrázku 16. Po jeho spuštění však nebude vykreslena ještě žádná mapa. Program je možné rozdělit na šest oblastí, které slouží pro vykonání různých úkolů.



Obrázek 16: Celkový vzhled programu s vykreslenou mapou

1. Indikátor průběhu

Indikátor je zobrazen po celé spodní části aplikace. Zobrazuje průběh upravování souborů, načítání souborů a vypočítávání hodnot. Vedle indikátoru je navíc kolečko, které, pokud se točí, identifikuje nějakou činnost programu.

2. Výpis zpracování

Tato oblast je zobrazena v levé spodní části aplikace a je stejně pojmenována. Zde se vypisuje činnost programu. Nejvýše je vždy uložena nejposlednější událost. Informuje o tom, co právě se např. zpracovává, nebo že bylo dané zpracování již dokončeno.

3. Načtení souboru se seznamem elementů

Tato oblast se nachází v levé vrchní části programu a je pojmenována „Načtení souboru povrchových elementů“. Zde je zobrazeno pouze jedno tlačítko,

pomocí kterého se otevře a načte textový soubor (kapitola 7.1.1), v kterém jsou na jednotlivých řádcích uvedena čísla elementů.

4. Úprava souborů „mm_t.pos“

Úpravě souborů „mm_t.pos“ (kapitola 6) se věnuje oblast pojmenovaná „Úprava souborů mm_t.pos“, nacházející se v levé horní části programu, pod oblastí „Načtení souboru povrchových elementů“. V této části se ze souborů „mm_t.pos“ vyberou pouze povrchové elementy, které jsou načteny v předchozí oblasti. Ze souborů „mm_t.pos“ se s uvedenými čísly elementů vyberou i hodnoty koncentrací v časových horizontech 0, 5000, 10000, ..., 50000 let.

Po kliknutí na tlačítko „Přidat“ je možné vybrat soubor „mm_t.pos“ a přidat ho ke zpracování. Možné je vybrat pouze i nějakou nadřazenou složku a program si v celé její podstruktuře všechny soubory „mm_t.pos“ sám vyhledá. Označením souboru v seznamu a kliknutím na tlačítko „Odebrat“, se soubor odstraní ze seznamu zpracovávaných.

Kliknutím na tlačítko „Zpracuj“ se spustí samotné zpracovávání vybraných souborů. Průběh je zobrazován ve spodní části na indikátoru průběhu. Nově upravené soubory jsou uloženy na stejné místo jako jsou původní soubory a jsou uloženy pod názvem „mm_t.pos_new.txt“. Této tvorbě a přesnému formátu uložení nového souboru se více věnuje kapitola 7.

5. Tvorba souborů jednotlivých elementů

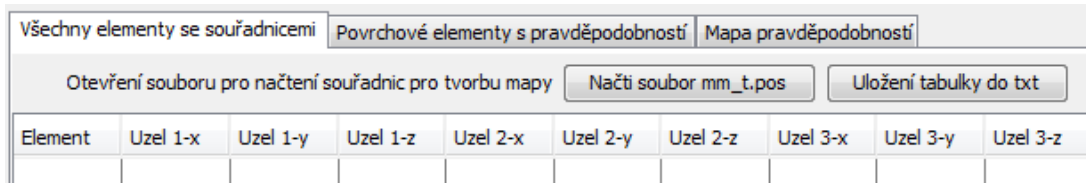
Vytváření souborů pro jednotlivé elementy se provádí v oblasti nazvané „Tvorba souborů jednotlivých elementů ze souborů mm_t.pos_new.txt“, které jsou výstupem v předcházející části. Přidávání souborů je stejné jako v předchozí části, opět je možné vybrat pouze jeden soubor nebo složku, v které se všechny soubory vyhledají.

Po kliknutí na tlačítko „Zpracuj“ se ve složce „C:\Elementy\“ vytvoří seznam souborů pojmenovaných čísly elementů a v nich pro jednotlivá časová období je vytvořen seznam vzestupně seříděných hodnot koncentrací. Tato problematika je důkladně vysvětlena v kapitole 8.

6. Tvorba mapy pravděpodobností

Tvorbou mapy pravděpodobností dosáhnutí zadané koncentrace se zabývá celá pravá oblast aplikace se třemi záložkami. Aby bylo možné mapu vykreslit, je nutné mít informace o souřadnicích jednotlivých elementů, z kterých se oblast skládá a hodnoty pravděpodobnosti na jednotlivých elementech.

- a) První záložka nazvaná „Všechny elementy se souřadnicemi“ slouží právě pro načtení souřadnic k elementům. Rozmístění ovládacích prvků je zobrazené na obrázku 17. Na této záložce je tlačítko „Načti soubor mm_t.pos“, pomocí kterého je nutné vybrat cestu k jakémukoliv souboru tohoto názvu. Jak je uvedeno v kapitole 6, jsou informace o souřadnicích k jednotlivým elementům uloženy v každém souboru. Po vybrání souboru se začnou informace načítat způsobem uvedeným v kapitole 9.1.1. Průběh načítání je zobrazován na indikátoru průběhu. Do tabulky jsou následně vypsány všechny elementy a jejich pravděpodobnosti. Důvod, proč jsou uvedeny všechny elementy, je vysvětlen opět v kapitole 9.1.1. Načtené hodnoty z tabulky je možné následně i uložit do textového souboru.



Element	Uzel 1-x	Uzel 1-y	Uzel 1-z	Uzel 2-x	Uzel 2-y	Uzel 2-z	Uzel 3-x	Uzel 3-y	Uzel 3-z

Obrázek 17: Rozvržení ovládacích prvků na záložce pro načítání souřadnic

- b) Záložka „Povrchové elementy s pravděpodobnostmi“ (Obrázek 18) se věnuje výpočtu pravděpodobností na jednotlivých elementech. Prvním krokem je zadání hodnoty koncentrace, pro kterou chceme určit pravděpodobnosti, že koncentrace bude menší nebo rovna té zadané. Poté se klikne na tlačítko „Vypočítat pravděpodobnosti“ a zde se zadá cesta ke složce se soubory jednotlivých elementů. Pokud nebyla složka přesunuta a byla vůbec vytvořena, je uložena na původním místě „C:\Elementy\“. Program poté spočítá pravděpodobnosti pro jednotlivé elementy ve všech časových obdobích a zobrazí do tabulky. Způsob výpočtu je uveden v kapitole 9.1.2. Tabulku s vypočtenými pravděpodobnostmi je opět možné exportovat do textového souboru.

Všechny elementy se souřadnicemi

Povrchové elementy s pravděpodobností

Mapa pravděpodobností

Zadej hodnotu koncentrace pro výpočet pravděpodobností:

Vypočítat pravděpodobnosti

Uložení tabulky do txt

Element	0	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000

Obrázek 18: Rozvržení ovládacích prvků na záložce pro výpočet pravděpodobností

- c) Poslední záložka „Mapa pravděpodobností“ zobrazuje již výslednou mapu oblasti hlubinného úložiště melechovského masivu pro radioaktivní odpad. Na této záložce se nachází výběrový seznam, který udává, pro jaké časové období bude mapa vykreslena. Samotné vykreslení se poté provede tlačítkem „Vykresli mapu“. Po pravé straně záložky je posuvník, který slouží pro zmenšování (zvětšování) mapy v rozsahu 1:5 až 1:20. Rozvržení ovládacích prvků je vidět na obrázku 16.

Pokud se klikne levým tlačítkem myši na nějaký element na mapě a lehce posune myš na jiné místo na mapě a nechá chvíli bez pohybu, zobrazí se bublinková nápověda, ve které jsou zobrazeny informace o elementu, na který bylo kliknuto. Na obrázku 16 zobrazena „bublinka“ k elementu 4003. Při kliknutí na další element je opět nutné myš lehce posunout a nechat chvíli bez pohybu. Zobrazování „bublinky“ se zruší kliknutím pravým tlačítkem myši na oblast mapy. Mapu je možné uložit do souboru ve formátu PNG.

11 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zpracovat problematiku šíření radioaktivních látek směrem k povrchu hypotetické oblasti v melechovském masivu. Pro vypracování bylo k dispozici tisíc souborů „mm_t.pos“ s různými vstupními podmínkami, každý o velikosti přibližně 7,5 MB. Soubory byly vygenerovány simulačním softwarem Flow123D a obsahují informace o koncentraci kontaminantů. V souborech jsou uloženy všechny elementy oblasti hlubinného úložiště s koncentracemi radioaktivních látek v časových obdobích 0, 5000, 10000, ..., 50000 let, celá struktura souboru je popsána v kapitole 6.

Pro práci s těmito soubory byl naprogramován jazykem Java software *Program pro práci se soubory mm_t.pos*. Software zpracovává tisíc vstupních souborů a vybírá z nich pouze povrchové elementy s jejich hodnotami koncentrace v jednotlivých časových obdobích a ty ukládá do nově vytvořeného souboru „mm_t.pos_new.txt“ na místo uložení původního souboru. Seznam povrchových elementů byl pro tuto práci předem dodán. Pomocí úpravy souborů se zajistilo zmenšení velikosti těchto souborů pro jejich následné zpracování programem a částečně se předešlo problémům s přepĺňováním paměti. Z důvodu časově náročného zpracovávání souborů bylo nutné použít pro naprogramování více vláken, pomocí čehož bylo umožněno zobrazovat průběh zpracování souborů.

Program dále z těchto souborů vytváří další typ souborů, který obsahuje informace ze všech souborů pouze o jednom elementu (kapitola 8). Soubor je pojmenován označením příslušného elementu. V souboru jsou na každém řádku, představujícím časová období, vzestupně seříděné hodnoty koncentrací na tomto elementu pro dané období.

Ze souborů s elementy byly v programu *MS Excel* vytvořeny pravděpodobností a krabicové grafy. Ukázky pro tři zvolené elementy byly vytvořeny v kapitole 8.3. Dva elementy byly zvoleny přímo z centra umístění úložiště v oblasti a třetí od nich vzdálenější byl zvolen pro odlišení průběhu od předchozích dvou grafů. Tyto elementy byly zvoleny z důvodu, že se na nich předpokládala vyšší koncentrace. Na většině ostatních elementů, jak dokazuje i nakonec výsledná mapa pravděpodobností, byla koncentrace při všech realizacích nulová (na elementu se nevyskytuje kontaminace z úložiště) a v grafech by nebylo

možné sledovat žádný průběh. Jelikož software *MS Excel*, neumí vytvářet krabicové grafy, byl z tohoto důvodu, v kapitole 4.1, vytvořen také návod pro jejich tvorbu v tomto softwaru.

Nejdůležitějším úkolem v této diplomové práci bylo vytvořit mapu (kapitola 9) oblasti melechovského masivu, zobrazující pravděpodobnost výskytu zadané koncentrace na jednotlivých povrchových elementech. Jelikož se vykresloval pouze povrch oblasti, stačilo vytvořit výslednou mapu pouze ve 2D. Pro vykreslení bylo využito grafické třídy *Graphics2D*, která umožňuje i další potřebné funkce, jako zjištění, kam se na mapu kliklo. Pomocí této funkce a vlastností třídy „*Polygon*“ bylo možné, po kliknutí na element na mapě, zjistit, o jaký element se jedná a zobrazit o něm jeho informace (souřadnice uzlů, označení elementu, pravděpodobnost koncentrace). Pro vykreslení bylo nutné načíst informace o souřadnicích uzlů elementu (uložené v každém souboru „*mm_t.pos*“), které bylo nutné přepočítat, poněvadž některé z nich jsou tvaru čtyřstěnu, a tak bylo nutné zjistit, která jejich stěna leží na povrchu. Dále bylo nutné spočítat pravděpodobnosti, které se vypočítaly ze seřazených hodnot ze souborů s jednotlivými elementy (kapitola 8). Tento výpočet pravděpodobností trvá přibližně pro zvolenou výpočetní síť 10 minut. Vytvořenou mapu je možné exportovat do souborů PNG.

Z vykreslené mapy, uvedené v kapitole 9 na obrázku 15, a porovnáním s obrázkem 1 (zobrazuje lokalitu s umístěním úložiště) je patrné, že nejvyšší pravděpodobnost výskytu koncentrace s hodnotou 10 se na povrchu oblasti vyskytuje přímo nad místem tohoto úložiště a méně se šíří směrem na sever. V této oblasti se tedy očekává vyšší pravděpodobnost průniku koncentrace na povrch a ohrožení žijícího obyvatelstva v této lokalitě.

Literatura

- [1] *Správa úložišť radioaktivních odpadů* [online]. [Vid. 2010-11-15]. Dostupné z: <http://www.surao.cz/>.
- [2] TUČEK, Josef. Vědci vyvíjejí nové jaderné elektrárny. Spálí i dnes vyhořelé palivo. *Technet.cz* [online]. 2011-03-26 [vid. 2011-04-01]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/vedci-vyvijejí-nove-jaderne-elektrarny-spali-i-dnes-vyhorele-palivo-1gz/tec_technika.asp?c=A110325_1555495_tec_technika_vse.
- [3] BUKÁČEK, Roman, et al. *Strategie ochrany krajinného rázu kraje Vysočina: přírodní parky* [online]. Žďár nad Sázavou – Praha: Studio B&M, 2008 [vid. 2010-12-08]. 18 s. Dostupné z: http://extranet.kr-vysocina.cz/download/ozp/strategie_kraj_raz/D_Prirodni_parky.pdf.
- [4] RUKAVIČKOVÁ, Lenka, et al. *Hodnocení procesů na základě informací a dat získaných terénním výzkumem žulových těles v Podlesí, v Melechovském masivu a v žulách VPB*. Praha: MS Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2008. 91 s.
- [5] SEVERÝN, Otto, et al. *Flow123D: Numerical simulation software for flow and solute transport problems in combination of fracture network and continuum. Documentation of file formats and brief user manual* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008 [vid. 2011-02-18]. 22 s. Dostupné z: <http://www.nti.tul.cz/cz/images/2/2a/Flow123d-manual.pdf>.
- [6] ŠEDIVÁ, Blanka. *Biostatistika* [online]. [Vid. 2011-03-12] 50 s. Dostupné z: http://home.zcu.cz/~sediva/stav/hlavni_text.pdf.
- [7] BENJAMINI, Yoav. Opening the box of a boxplot. *The American Statistician* [online]. 1988, vol.42, n.4 [vid. 2011-02-03]. S. 257–262. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/2685133>.
- [8] MCGILL, Robert, TUKEY, John W., LARSEN, Wayne A. Variations of box plots. *The American Statistician* [online]. 1978, vol.32, n.1 [vid. 2011-02-03]. S. 12–16. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/2683468>.
- [9] LITSCHMANNOVÁ, Martina. *Úvod do statistiky* [online]. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2011 [vid. 2011-03-11]. 331 s. Fakulta elektrotechniky a informatiky. Dostupné z: http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/uvod_do_statistiky.pdf.

- [10] XGCDISCIPLE. Construct A Box Plot on Microsoft Excel 2007. *YouTube* [online]. 2010-09-30 [vid. 2011-01-20]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=C7-gZ1DF1Ag>.
- [11] GEUZAINÉ, Christophe, REMACLE, Jean-François. Gmsh: A 3-D finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities. *International journal for numerical methods in engineering* [online]. 2009, vol.79, n.11 [vid. 2011-03-28]. S. 1309-1331. ISSN 00295981, DOI: 10.1002/nme.2579. Dostupné z: <http://www.scopus.com>.
- [12] PŘISPĚVATELÉ WIKIPEDIE. Java (programovací jazyk). *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 2004-06-22, editováno 2011-03-13 [vid. 2011-01-05]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Java_\(programovací_jazyk\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Java_(programovací_jazyk)).
- [13] *Graphics a Java 2D* [online]. Kurz PJJ [vid. 2011-01-18]. Dostupné z: http://pjj.ic.cz/16_Graphics_a_Java2D.pdf.
- [14] KISZKA, Bogdan. *1001 tipů a triků pro jazyk Java*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009. 542 s. ISBN 978-80-251-2467-3.
- [15] KEOGH, James. *Java bez předchozích znalostí: Průvodce pro samouky*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2005. 280 s. ISBN 80-251-0839-2.
- [16] TREGL, Pavel. *Úprava výstupních textových souborů ze softwaru Flow123D pro jejich další použití v rizikových analýzách*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. 19 s. Ročníkový projekt. Ústav nových technologií a aplikované informatiky.
- [17] PŘISPĚVATELÉ WIKIPEDIE. NetBeans. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 2004-12-21, editováno 2011-01-07 [vid. 2011-01-17]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/NetBeans>.
- [18] KRÁLOVCOVÁ, Jiřina, KOPAL, Jiří, MARYŠKA, Jiří, CÍSAŘOVÁ, Klára. Výpočet scénářů vývoje migrace vybraných radionuklidů. *Dílčí závěrečná zpráva DZZ 4.6. Projektu Výzkum procesů pole vzdálených interakcí HÚ vyhořelého jaderného paliva a vysoce aktivních odpadů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. 29 s.
- [19] KNUDSEN, Jonathan. *Java 2D Graphics* [online]. O'Reilly Media, 1999 [vid. 2010-11-25]. 368 s. ISBN 978-1-56592-484-0. Dostupné z: <http://www.free-book-portal.com/java-2d-graphics.html>.

- [20] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Grafická knihovna OpenGL. *Root.cz* [online]. 2003-2004 [vid. 2010-10-25]. Dostupné z: <http://www.root.cz/serialy/graficka-knihovna-opengl/>.
- [21] BALA. *Java2D: Capturing an event on a Line object* [online]. Stackoverflow.com, 2010-05-14, editováno 2010-07-18 [vid. 2011-01-19]. Dostupné z: <http://stackoverflow.com/questions/2834984/java2d-capturing-an-event-on-a-line-object>.
- [22] HEROUT, Pavel. *Učebnice jazyka Java*. České Budějovice: Kopp, 2001. 349 s. ISBN 80-7232-115-3.
- [23] ANAND_RAVIA. *Java Core GUI APIs: Using JScrollPane with Graphics* [online]. Thatsjava.com, 2007-09-23 [vid. 2011-03-02]. Dostupné z: <http://www.thatsjava.com/java-core-gui-apis/65079/>.

Příloha A – Zdrojový kód třídy prostředku na změnu desetinné tečky na desetinnou čárku

Tento zdrojový kód představuje hlavní část (třidu) programu, v kterém se provádí změna desetinné tečky na čárku. Třída je nazvána „Soubor“. Je rozšířená od třídy „Thread“, takže zpracování se provádí ve vlastním vlákne. Tato třída obsahuje jednu proměnnou „soubor“, kde je uložen ukazatel na soubor, který bude zpracováván.

```
public class Soubor extends Thread{  
    private File soubor=null;  
  
    public Soubor (File soubor){  
        this.soubor=soubor;  
    }  
}
```

Výše je uveden konstruktor třídy „Soubor“, v kterém se instancí této třídy předává informace o souboru, který bude zpracováván. Tato informace se uloží do již zmíněné proměnné „soubor“. Níže je uvedená metoda „run“, kde se provádí samotná úprava v daném souboru.

```
@Override  
public void run(){  
    String radek=null;  
    try {  
        RandomAccessFile cteni = new RandomAccessFile(soubor,"r");
```

Pomocí třídy „RandomAccessFile“ se otevře „soubor“ pro čtení, ten se načte do objektu „cteni“.

```
    try {  
        FileWriter zapis = new FileWriter(soubor.toString() + "_new.txt");
```

Třída „FileWriter“ vytvoří ukazatel na objekt „zapis“, který slouží jako nově vytvářený soubor. Tento soubor bude uložen na stejné místo jako původní, ale pro odlišení bude mít na konci připsáno „_new.txt“.

V níže uvedené části „try“ pro zachycování výjimek, se provádí zpracování souboru. Ze vstupního souboru se vždy načítají řádky do té doby, dokud tam nějaké jsou. Následně se v daném řádku metodou „replace(".", ",")“ nahradí všechny tečky za čárky. Takto upravený řádek se poté uloží na výstup „zapis“.

```

try {
    while ((radek=cteni.readLine())!=null) {
        zapis.write(radek.replace(".", ",")+ "\n");
    }
    zapis.close();
    cteni.close();
    Toolkit.getDefaultToolkit().beep();
    JOptionPane.showMessageDialog (null, "Soubor byl v pořádku
    zpracován.");
}

```

Po ukončení celého cyklu „while“ se uzavře vstup a výstup, tím se vytvoří nový soubor. Ukončení se signalizováno pípnutím a hláškou „Soubor byl v pořádku zpracován.“. Dále jsou jen uvedeny části zachycující různé výjimky při práci se soubory.

```

    } catch (IOException ex) {
        Logger.getLogger(Soubor.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
        ex);
    }
    } catch (IOException ex) {
        Logger.getLogger(Soubor.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
    }
    } catch (FileNotFoundException ex) {
        Logger.getLogger(Soubor.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
    }
    }
}

```

Příloha B – Zdrojový kód třídy „ElementMapy“

Tato třída představuje prvek (element), který obsahuje informace o jednotlivých elementech a je vykreslován do výsledné mapy.

Třída „ElementMapy“ je rozšířená od třídy „Polygon“, což nám umožňuje její vykreslení. Třída „Polygon“ obsahuje informace o souřadnicích uzlů, z kterých se nějaký polygon skládá a pomocí kterých je poté vykreslen. Rozšířená třída „ElementMapy“ přebírá od třídy „Polygon“ všechny její vlastnosti a je možné k nim přidat ještě další, které potřebujeme pro každý element znát.

```
public class ElementMapy extends Polygon{
    public Color barva;
    public int cisloElementu;
    public int x1;
    public int y1;
    public int x2;
    public int y2;
    public int x3;
    public int y3;
    public double pravdepodobnost;
```

Třída „ElementMapy“ obsahuje proměnné pro uložení informací o barvě elementu (udává koncentraci), číslo daného elementu, souřadnice třech uzlů a hodnotu pravděpodobnosti. Tyto informace pak slouží pro zobrazení informací o elementu po kliknutí na něj v mapě.

```
ElementMapy(int cisloElementu, int x1, int y1, int x2, int y2, int x3, int y3, double
    pravdepodobnost){
    this.cisloElementu = cisloElementu;
    this.x1=x1;
    this.x2=x2;
    this.x3=x3;
    this.y1=y1;
    this.y2=y2;
    this.y3=y3;
    this.pravdepodobnost=pravdepodobnost;
    this.addPoint(x1, y1);
    this.addPoint(x2, y2);
    this.addPoint(x3, y3);
    int cisloBarvy = (int) Math.round(pravdepodobnost*25); //je 26 barvevných
        odstínu, které musím rozdelit;
    this.barva = vratBarvu(cisloBarvy);
}
```

Výše uvedená část zobrazuje definici konstruktoru, v kterém se každé instanci této třídy předávají a nastavují informace o číslu elementu, pravděpodobnosti, třech souřadnicích. Pomocí souřadnic se zároveň přidají body pro vykreslení elementu. Z velikosti pravděpodobnosti se vypočítá číslo barvy, které jsou uvedeny ve funkci „vratBarvu“. Jelikož bylo pro rozlišení pravděpodobností zvoleno 26 barevných odstínů, vypočítá se číslo barvy jako pravděpodobnost násobená číslem 25.

V níže uvedené funkci „vratBarvu“ je vypsáno všech 26 odstínů barev. Této funkci se předává číslo barvy a podle té je pak vrácena příslušná barva.

```
private Color vratBarvu(int cislo){
    Color barva = null;
    switch (cislo) {
        case 0: barva = new Color(1,0,190); break;
        case 1: barva = new Color(12,14,255); break;
        case 2: barva = new Color(14,68,255); break;
        case 3: barva = new Color(19,122,253); break;
        case 4: barva = new Color(15,187,251); break;
        case 5: barva = new Color(17,243,251); break;
        case 6: barva = new Color(30,239,217); break;
        case 7: barva = new Color(35,232,189); break;
        case 8: barva = new Color(43,225,125); break;
        case 9: barva = new Color(63,214,55); break;
        case 10: barva = new Color(113,220,46); break;
        case 11: barva = new Color(152,218,50); break;
        case 12: barva = new Color(191,216,54); break;
        case 13: barva = new Color(204,225,46); break;
        case 14: barva = new Color(234,239,31); break;
        case 15: barva = new Color(252,237,20); break;
        case 16: barva = new Color(251,203,19); break;
        case 17: barva = new Color(236,150,29); break;
        case 18: barva = new Color(250,135,16); break;
        case 19: barva = new Color(253,92,12); break;
        case 20: barva = new Color(252,49,16); break;
        case 21: barva = new Color(255,27,14); break;
        case 22: barva = new Color(230,13,0); break;
        case 23: barva = new Color(193,11,0); break;
        case 24: barva = new Color(148,9,2); break;
        case 25: barva = new Color(83,4,0); break;
    }
    return barva;
}
```

Příloha C – Zdrojový kód třídy „Mapa“

Jelikož v Javě se provádí vykreslování přímo na „JPanel“, je třída „Mapa“ rozšířená právě od této třídy, aby měla všechny vlastnosti jako třída „JPanel“ a bylo možné nadefinovat další vlastnosti.

```
public class Mapa extends JPanel {  
  
    private Integer[][] elementySouradnice;  
    private Double[][] elementyPravdepodobnosti;  
    private int cas;  
    public ArrayList<ElementMapy> vsechnyElementyMapy =  
        new ArrayList<ElementMapy>();  
    public Dimension rozmer;  
    private int zmenseni;  
    private Point bodKliknuti;
```

Vytvořená třída „Mapa“ obsahuje několik proměnných:

- „elementySouradnice“ – obsahují souřadnice třech uzlů všech elementů
- „elementyPravdepodobnosti“ – obsahují pravděpodobnosti všech povrchových elementů
- „cas“ – udává, pro jaké časové období bude mapa vykreslena
- „vsechnyElementyMapy“ – jedná se o seznam, v němž jsou uloženy všechny povrchové elementy, definované třídou „ElementMapy“ pro vykreslení
- „rozmer“ – udává rozměr plátna, na kterém je vykreslena mapa
- „zmenseni“ – udává zmenšení mapy (od 1/5 do 1/20)
- „bodKliknuti“ – udává bod na mapě, kam se kliklo, pro zjištění informace, který element na dané pozici leží

```
public Mapa (Integer[][] elementySouradnice, Double[][]  
    elementyPravdepodobnosti, int cas, int maxX, int maxY, int zmenseni) {  
    this.elementyPravdepodobnosti = elementyPravdepodobnosti;  
    this.elementySouradnice = elementySouradnice;  
    this.cas = cas;  
    this.rozmer = new Dimension(maxX, maxY);  
    this.zmenseni = zmenseni;  
}
```

Výše je uveden konstruktor, v kterém se instanci, vytvořené z této třídy, přiřadí informace o souřadnicích všech elementů, pravděpodobnostech

na povrchových elementech, zvoleném čase pro vykreslení, zmenšení mapy a maximálních hodnotách souřadnic „x“ a „y“ pro následné určení rozměru mapy.

Následující předdefinovaná metoda „paintComponent“ slouží pro samotné provádění příkazů pro vykreslování mapy.

```
@Override
public void paintComponent(Graphics g) {
    super.paintComponent(g);
    //vykresleni vseh elementu
    int cisloElementu;
    int x1, y1, x2, y2, x3, y3;
    double pravdepodobnost;
    int pulka;
```

Obarvení podkladu bílou barvou zpracovávají níže uvedené příkazy. Příkazem „setColor“ se nastaví barva pro vykreslování, zde na „WHITE“ bílou. Touto barvou bude obarveno vše, co se po tomto příkaze vykreslí, pro změnu na něco jiného se musí vždy znova nastavit.

Jelikož velikost legendy je 480 bodů + délka textů, byla jako nejmenší možná šíře mapy zvolena velikost 650 bodů. Pro výšku legendy bylo zvoleno 50 bodů. Pokud je tedy šířka podělená zmenšením menší než 650, vybarví se bílou barvou obdélník o šířce 650 a výška bude maximální rozměr souřadnice „y“, uložený v proměnné „rozmer.height“ podělený zmenšením a zvýšený o 50 (výška legendy). Pokud je šířka podělená zmenšením větší než 650, tak se vybarví obdélník a výšce stejné jako v předchozím případě a šířka bude šíře podělená zmenšením.

Aby byla legenda zarovnána na střed, byla vytvořena proměnná „pulka“, která udává polovinu ze šířky plátna.

```
g.setColor(Color.WHITE);
if (rozmer.width / zmenseni < 650) {
    g.fillRect(0, 0, 650, (rozmer.height / zmenseni) + 50);
    pulka = 650 / 2;
} else {
    g.fillRect(0, 0, rozmer.width / zmenseni, (rozmer.height / zmenseni) + 50);
    pulka = (rozmer.width / zmenseni) / 2;
}
```

Následující seznam příkazů vykonává vykreslení legendy, vždy se nastaví barva pro dané políčko a poté provede příkaz pro vykreslení čtverce o rozměrech 20 x 20 bodů. Další vykreslovaný musí být posunut o 20 bodů oproti předchozímu.

Vykreslení se provádí od poloviny plátna, aby byla legenda zarovnána na střed. Nejprve se tedy vykreslí pravá strana a poté levá. Na začátek a na konec se přidají popisky s o velikosti pravděpodobnosti.

```
//vykresleni legendy doprava od stredu
g.setColor(new Color(204, 225, 46));
g.fillRect(pulka, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(234, 239, 31));
g.fillRect(pulka + 20, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(252, 237, 20));
g.fillRect(pulka + 40, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(251, 203, 19));
g.fillRect(pulka + 60, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(236, 150, 29));
g.fillRect(pulka + 80, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(250, 135, 16));
g.fillRect(pulka + 100, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(253, 92, 12));
g.fillRect(pulka + 120, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(252, 49, 16));
g.fillRect(pulka + 140, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(255, 27, 14));
g.fillRect(pulka + 160, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(230, 13, 0));
g.fillRect(pulka + 180, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(193, 11, 0));
g.fillRect(pulka + 200, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(148, 9, 2));
g.fillRect(pulka + 220, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(83, 4, 0));
g.fillRect(pulka + 240, 10, 20, 20);
g.setColor(Color.BLACK);
g.setFont(new Font("Arial", Font.BOLD, 20));
g.drawString("0.9995", pulka + 263, 29);
//vykreslovani leve pulky
g.setColor(new Color(191, 216, 54));
g.fillRect(pulka - 20, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(152, 218, 50));
g.fillRect(pulka - 40, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(113, 220, 46));
g.fillRect(pulka - 60, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(63, 214, 55));
g.fillRect(pulka - 80, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(43, 225, 125));
g.fillRect(pulka - 100, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(35, 232, 189));
g.fillRect(pulka - 120, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(30, 239, 217));
g.fillRect(pulka - 140, 10, 20, 20);
```



```

g.setColor(new Color(17, 243, 251));
g.fillRect(pulka - 160, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(15, 187, 251));
g.fillRect(pulka - 180, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(19, 122, 253));
g.fillRect(pulka - 200, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(14, 68, 255));
g.fillRect(pulka - 220, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(12, 14, 255));
g.fillRect(pulka - 240, 10, 20, 20);
g.setColor(new Color(1, 0, 190));
g.fillRect(pulka - 260, 10, 20, 20);
g.setColor(Color.BLACK);
g.drawString("0.0005", pulka - 325, 29);

```

Následuje cyklus „for“, který pro každý povrchový element provede vytvoření seznamu, do kterého uloží „elementMapy“, který definuje obarvený element vykreslený element a navíc k němu přikládá informace o daném elementu. Proměnná „cisloElementu“ udává označení elementu. Proměnné „x1“, „y1“, „x2“, „y2“, „x3“, „y3“ udávají souřadnice třech uzlů elementu.

```

for (int i = 0; i < elementyPravdepodobnosti.length; i++) {
    cisloElementu = elementyPravdepodobnosti[i][0].intValue();
    pravdepodobnost = elementyPravdepodobnosti[i][cas + 1].doubleValue();
    //cas+1, protoze na prvni pozici je ulozeno cislo elementu
    x1 = elementySouradnice[cisloElementu][1].intValue();
    y1 = elementySouradnice[cisloElementu][2].intValue();
    x2 = elementySouradnice[cisloElementu][4].intValue();
    y2 = elementySouradnice[cisloElementu][5].intValue();
    x3 = elementySouradnice[cisloElementu][7].intValue();
    y3 = elementySouradnice[cisloElementu][8].intValue();
}

```

Vytvoří se instance „elementMapy“, v které jsou definovány souřadnice uzlů pro vykreslení, označení elementu a pravděpodobnost.

```

ElementMapy elementMapy = new ElementMapy(cisloElementu,
    x1 / zmenseni, ((rozmer.height - y1) / zmenseni)+50,
    x2 / zmenseni, ((rozmer.height - y2) / zmenseni)+50,
    x3 / zmenseni, ((rozmer.height - y3) / zmenseni)+50,
    pravdepodobnost);

```

Každý vytvořený „elementMapy“ se uloží do seznamu „vsechnyElementyMapy“, který je využíván pro vyhledávání, na který element se kliklo, a jsou v něm uloženy všechny informace.

```

vsechnyElementyMapy.add(elementMapy);

```

Pro vykreslení se nastaví barva elementu, která je určena podle pravděpodobnosti v třídě „ElementMapy“. Jelikož „ElementMapy“ je rozšířen od třídy „Polygon“, je možné ho příkazem „fillPolygon“ vykreslit. Příkazem „drawPolygon“ se vykreslím pouze ohraničení daného elementu, které je nastaveno na černou barvu.

```
g.setColor(elementMapy.barva);
g.fillPolygon(elementMapy);
g.setColor(Color.BLACK);
g.drawPolygon(elementMapy);
}
```

Pro identifikování kliknutí myši na mapu musí být uveden „nasloucháč“, pomocí kterého je možné provést nějakou činnost v závislosti provedené funkce myši. Zde bylo tedy využito „mouseClicked“ pro použití kliknutí tlačítkem myši.

```
this.addMouseListener(new MouseListener() {
    public void mouseClicked(MouseEvent e) {
```

Následující „if“ rozhoduje o tom, zda bylo stisknuto levé tlačítko, označené „1“, nebo jiné. Pokud bylo stisknuto levé tlačítko, povolíme zobrazování bublinkové nápovědy po najetí na oblast mapy. Pomocí funkce „getPoint“ se získají souřadnice bodu, kam se kliklo. Následně se provede metoda „zobrazInfo“, která podle souřadnic, kam se kliklo, určí element, který je na místě kliknutí, a zobrazí o něm všechny informace. Stiskem jiného tlačítka na oblasti mapy se zobrazování vyruší.

```
        if (e.getButton() == 1) {
            TooltipManager.sharedInstance().setEnabled(true);
            bodKliknuti = e.getPoint();
            zobrazInfo(bodKliknuti);
        } else {
            TooltipManager.sharedInstance().setEnabled(false);
        }
    }
    public void mouseEntered(MouseEvent e) {
    }
    public void mousePressed(MouseEvent e) {
    }
    public void mouseReleased(MouseEvent e) {
    }
    public void mouseExited(MouseEvent e) {
    }
});
}
```

Kvůli zobrazení posuvníků u mapy, aby bylo možné s ní pohybovat, bylo nutné zavést následující předdefinovanou funkci. „ScrollPane“, do kterého se vykresluje instance této třídy „Mapa“, nedovedl sám zjistit velikost obsahu v něm zobrazeného a posuvníky byly neaktivní. Z tohoto důvodu musel být v této funkci nastavena velikost zobrazovaného plátna a tuto velikost si z této metody již „ScrollPane“ přebíral.

```
@Override
//pokud nebylo, ScrollPane nevedel jak velke platno vykresluje a nefungovalo
posouvani
public Dimension getPreferredSize() {
    Dimension rozmerZmensovany;
    if (rozmer.width / zmenseni < 650) {
        rozmerZmensovany = new Dimension(650, (rozmer.height / zmenseni) + 50);
    } else {
        rozmerZmensovany = new Dimension(rozmer.width / zmenseni,
        (rozmer.height / zmenseni) + 50);
    }
    return rozmerZmensovany;
}
```

Metoda „zobrazInfo“ slouží pro zobrazení informací o elementu po kliknutí na něj na mapě. Metodě se předávají souřadnice, uložené v proměnné „bod“, o tom, na jaké místo se kliklo. Pomocí funkce „elem.contains(bod)“, se zjistí, zda element z mapy „elem“ obsahuje souřadnice v proměnné „bod“. Když element obsahuje dané souřadnice, zobrazí se o něm informace v „ToolTipText“ bublinkové nápovědě. Pro zobrazení informací na jednotlivých řádcích bylo nutné použít kód HTML. Zobrazení bublinkové nápovědy se zobrazí ihned a zmizí po prodlevě 10000 ms.

```
public void zobrazInfo(Point bod) {
    for (ElementMapy elem : vsechnyElementyMapy) {
        if (elem.contains(bod)) {
            ToolTipManager.sharedInstance().setDismissDelay(10000);
            ToolTipManager.sharedInstance().setInitialDelay(0);
            this.setToolTipText("<html>
                Číslo elementu: " + elem.cisloElementu + "<br>"
                + "Pravděpodobnost: " + elem.pravdepodobnost + "<br>"
                + "První uzel: x: " + elem.x1 + " y: " + elem.y1 + "<br>"
                + "Druhý uzel: x: " + elem.x2 + " y: " + elem.y2 + "<br>"
                + "Třetí uzel: x: " + elem.x3 + " y: " + elem.y3 + "</html>");
        }
    }
}
```

Metoda „save“ slouží pro uložení všeho, co je vykreslené na plátně (legenda + mapa). Parametrem „soubor“ se jí předává cesta s názvem souboru pro uložení.

```
public void save(File soubor) throws IOException {
```

Podle velikosti plátna (šíře) se pomocí konstruktoru vytvoří objekt „bi“ o rozměru mapy.

```
BufferedImage bi;  
if (rozmer.width / zmenseni < 650) {  
    bi = new BufferedImage(650, (rozmer.height / zmenseni) + 50,  
        BufferedImage.TYPE_INT_RGB);  
} else {  
    bi = new BufferedImage(rozmer.width / zmenseni, (rozmer.height / zmenseni)  
        + 50, BufferedImage.TYPE_INT_RGB);  
}
```

Pomocí následujících příkazů se vytvoří soubor s mapou. Soubor bude uložen pod zadanou cestou se názvem souboru a ve grafickém formátu PNG.

```
Graphics2D g = bi.createGraphics();  
paintComponent(g);  
ImageIO.write(bi, "png", soubor);  
}  
}
```